This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

A propos de ce livre

Ceci est une copie numérique d'un ouvrage conservé depuis des générations dans les rayonnages d'une bibliothèque avant d'être numérisé avec précaution par Google dans le cadre d'un projet visant à permettre aux internautes de découvrir l'ensemble du patrimoine littéraire mondial en ligne.

Ce livre étant relativement ancien, il n'est plus protégé par la loi sur les droits d'auteur et appartient à présent au domaine public. L'expression "appartenir au domaine public" signifie que le livre en question n'a jamais été soumis aux droits d'auteur ou que ses droits légaux sont arrivés à expiration. Les conditions requises pour qu'un livre tombe dans le domaine public peuvent varier d'un pays à l'autre. Les livres libres de droit sont autant de liens avec le passé. Ils sont les témoins de la richesse de notre histoire, de notre patrimoine culturel et de la connaissance humaine et sont trop souvent difficilement accessibles au public.

Les notes de bas de page et autres annotations en marge du texte présentes dans le volume original sont reprises dans ce fichier, comme un souvenir du long chemin parcouru par l'ouvrage depuis la maison d'édition en passant par la bibliothèque pour finalement se retrouver entre vos mains.

Consignes d'utilisation

Google est fier de travailler en partenariat avec des bibliothèques à la numérisation des ouvrages appartenant au domaine public et de les rendre ainsi accessibles à tous. Ces livres sont en effet la propriété de tous et de toutes et nous sommes tout simplement les gardiens de ce patrimoine. Il s'agit toutefois d'un projet coûteux. Par conséquent et en vue de poursuivre la diffusion de ces ressources inépuisables, nous avons pris les dispositions nécessaires afin de prévenir les éventuels abus auxquels pourraient se livrer des sites marchands tiers, notamment en instaurant des contraintes techniques relatives aux requêtes automatisées.

Nous vous demandons également de:

+ *Ne pas utiliser les fichiers à des fins commerciales* Nous avons conçu le programme Google Recherche de Livres à l'usage des particuliers. Nous vous demandons donc d'utiliser uniquement ces fichiers à des fins personnelles. Ils ne sauraient en effet être employés dans un quelconque but commercial.

+ *Ne pas procéder à des requêtes automatisées* N'envoyez aucune requête automatisée quelle qu'elle soit au système Google. Si vous effectuez des recherches concernant les logiciels de traduction, la reconnaissance optique de caractères ou tout autre domaine nécessitant de disposer d'importantes quantités de texte, n'hésitez pas à nous contacter. Nous encourageons pour la réalisation de ce type de travaux l'utilisation des ouvrages et documents appartenant au domaine public et serions heureux de vous être utile.

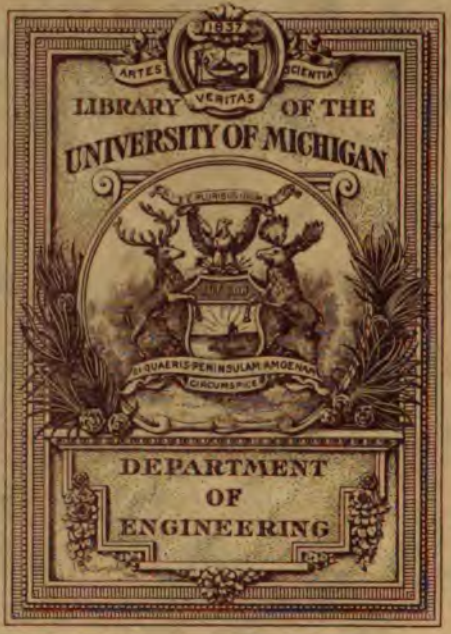
+ *Ne pas supprimer l'attribution* Le filigrane Google contenu dans chaque fichier est indispensable pour informer les internautes de notre projet et leur permettre d'accéder à davantage de documents par l'intermédiaire du Programme Google Recherche de Livres. Ne le supprimez en aucun cas.

+ *Rester dans la légalité* Quelle que soit l'utilisation que vous comptez faire des fichiers, n'oubliez pas qu'il est de votre responsabilité de veiller à respecter la loi. Si un ouvrage appartient au domaine public américain, n'en déduisez pas pour autant qu'il en va de même dans les autres pays. La durée légale des droits d'auteur d'un livre varie d'un pays à l'autre. Nous ne sommes donc pas en mesure de répertorier les ouvrages dont l'utilisation est autorisée et ceux dont elle ne l'est pas. Ne croyez pas que le simple fait d'afficher un livre sur Google Recherche de Livres signifie que celui-ci peut être utilisé de quelque façon que ce soit dans le monde entier. La condamnation à laquelle vous vous exposeriez en cas de violation des droits d'auteur peut être sévère.

À propos du service Google Recherche de Livres

En favorisant la recherche et l'accès à un nombre croissant de livres disponibles dans de nombreuses langues, dont le français, Google souhaite contribuer à promouvoir la diversité culturelle grâce à Google Recherche de Livres. En effet, le Programme Google Recherche de Livres permet aux internautes de découvrir le patrimoine littéraire mondial, tout en aidant les auteurs et les éditeurs à élargir leur public. Vous pouvez effectuer des recherches en ligne dans le texte intégral de cet ouvrage à l'adresse `http://books.google.com`

B 426852 DUPL


ARTES
VERITAS
SCIENTIA
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
SI QUAERIS PENINSULAM AMOENAM
CIRCUMSPICE
DEPARTMENT
OF
ENGINEERING

LIBRARY

TA
2
.S68

SOCIÉTÉ

DES

INGÉNIEURS CIVILS

NOTA. La Société n'est pas solidaire des opinions émises par ses Membres dans les discussions, ni responsable des Mémoires ou Notes publiés dans le Bulletin.

Paris. — Imprimerie Viéville et Capiomont, 6, rue des Poitevins.

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ

DES

INGÉNIEURS CIVILS

FONDÉE LE 4 MARS 1848

RECONNUE D'UTILITÉ PUBLIQUE PAR DÉCRET IMPÉRIAL DU 22 DÉCEMBRE 1860.

ANNÉE 1870

SIÉGE DE LA SOCIÉTÉ

26, RUE BUFFAULT, 26

PARIS

LIBRAIRIE SCIENTIFIQUE, INDUSTRIELLE ET AGRICOLE

EUGÈNE LACROIX, ÉDITEUR

LIBRAIRE DE LA SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

RUE DES SAINTS-PÈRES, 54.

1870

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

(JANVIER, FÉVRIER, MARS 1870)

N° 9

Pendant ce trimestre, les questions suivantes ont été traitées :

1° *Installation des membres du bureau et du Comité, discours de MM. Alcan et Vuillemin* (séance du 7 janvier, page 1).

2° *Marche des trains en Angleterre* (mise en relation des voyageurs avec les agents des Compagnies pendant la), par M. Bandérali (séance du 7 janvier, page 11).

3° *Machines à deux trains de six roues couplées*, système J.-J. Meyer (séance du 21 janvier, page 17).

4° *Eaux d'égouts de la ville de Paris* (utilisation des), par M. A. Durand-Claye, ingénieur des ponts et chaussées (séances des 21 janvier, 4 et 18 février, pages 17, 30 et 41).

5° *Routes impériales* (rapport adressé au conseil général du département de l'Allier, session de 1869, par M. Mony, député) (séance du 4 février, page 29).

6° *Chauffage des trains de chemins de fer*, par M. Stilmant (séance du 4 février, page 37).

33351

7° *Chauffage et ventilation* par M. Mouthier (séance du 4 février, page 37).

8° *Incrustation des chaudières à vapeur et des divers moyens de la combattre* (analyse de l'étude de MM. Brüll et A. Langlois), par M. Tronquoy (séance du 18 février et 4 mars, pages 42 et 49).

9° *Chemin de fer d'intérêt local*, système Larmenzat (séance du 18 février, page 44).

10° *Huile de pétrole*, par M. A. Grandt et Dieudonné (séance du 4 mars, page 49).

11° Puissance calorifique du boré et du silicium, par M. Jordan (séance du 18 mars, page 57).

12° Gaz d'éclairage (variations de pression du), moyens d'y remédier, par M. Laming (séance du 18 mars, page 59).

Pendant ce trimestre la Société a reçu :

1° De M. Couche, inspecteur général des Mines, un exemplaire du 1er *fascicule du tome deuxième de son ouvrage sur la voie, matériel roulant et exploitation technique des chemins de fer.*

2° De M. Laurent (Pol), membre de la Société, un mémoire sur *les conditions Téométriques nouvelles sur la composition des forces parallèles et de leurs moments.*

3° De M. Gottschalk, membre de la Société, un exemplaire du *Profil du chemin de fer du Brenner.*

4° De M. Vuillemin, membre de la Société, un exemplaire du *Plan du chemin de fer du Brenner.*

5° De M. Maldant, membre de la Société, un exemplaire de son *Album d'appareils pour le gaz.*

6° De M. Delsa, membre de la Société, un exemplaire d'une photographie, et du *Règlement de l'Exposition internationale de l'industrie maritime, qui doit avoir lieu à Naples en* 1870. Trois photographies représentant une *machine marine à hélice, de la force nominale de*

900 *chevaux, destinée à la frégate cuirassée* le Prince Amédée, *de la marine royale italienne.*

7° De M. Mac Alpine, membre de la Société, dix volumes intitulés : *State Engineers's report on Canals et on Railroads.*

8° De M. Clément Cordes, lieutenant de vaisseau, un exemplaire de son *Étude sur les générateurs inexplosibles Belleville.*

9° Un exemplaire d'un mémoire sur un projet d'épuration des eaux de la ville de Reims, au moyen des procédés de MM. J. Houzeau et E. Devedeix.

10° De M. Seillière, membre de la Société, un exemplaire d'une brochure sur les *Interpellatoins économiques, l'admission temporaire des tissus.*

11° De M. Henry Lepaute, membre de la Société, un exemplaire d'un travail sur l'*Emploi des fondements sous-marins pour les phares flottants, les ponts et les batteries flottantes*, par M. Grove, ingénieur des phares du Danemark.

12° De M. Émile Level, membre de la Société, un exemplaire de son ouvrage sur la *Construction et l'exploitation des chemins de fer d'intérêt local. Études pratiques suivies de considérations économiques et techniques sur les chemins de fer à transbordement.*

13° M. Glasser, membre de la Société : 1° Un exemplaire d'une note sur la *Machine à marchandise, à six roues accouplées et cylindres extérieurs de Paris-Lyon à la Méditerranée*; 2° un exemplaire d'une note sur les *Signaux à distance*; 3° un exemplaire d'une note sur les *Appareils à essayer les solives à la compression et à la traction.*

14° De M. Heinrech Simon, membre de la Société, un exemplaire d'une note sur la *Machine locomotive du système Fairlie.*

15° De MM. Dufranc et Finet, un exemplaire d'un Mémoire explicatif sur la *Société générale des chemins de fer d'intérêt communal.*

16° De M. Macabies, membre de la Société, une note sur son *alimentateur automoteur.*

17° De M. Martin Brettes, lieutenant-colonel d'artillerie, un exemplaire de son rapport sur les *Expériences exécutées en Belgique, avec un canon de 223 millimètres en acier Krupp*, et un exemplaire de son rapport sur les *Expériences de tir, exécutées en Russie contre une cible*

type « Hercule », avec un canon de 279^{m}/$_{m}$.4, en acier fondu Krupp, se chargeant par la culasse.

18° De M. Grosseteste, ingénieur, un exemplaire de son rapport sur l'*Influence de l'état de propriété des surfaces, sur l'utilisation du calorique dans les générateurs de vapeur.*

19° De M. Grateau, membre de la Société, un exemplaire de sa *Revue semestrielle des travaux d'exploitation des mines, et de la métallurgie.*

20. De M. O'Brien, membre de la Société, une note sur le *chemin de fer du Détroit*, et une note sur la *défense des côtes du comté de Sussex.*

21° De M. Lacroix, éditeur, 1° un exemplaire de l'ouvrage de M. Demanet sur le *Gisement, l'extraction et l'exploitation des mines de houille;* 2° un exemplaire du *Guide pratique d'architecture navale*, par M. Bousquet; 3° un exemplaire du *Projet de construction d'un tunnel sous-marin, pour l'établissement d'un chemin de fer devant relier la France à l'Angleterre*, système E. Martin et Gilbert le Guay.

22° De M. François Coignet, membre de la Société, deux *Vues photographiques des travaux d'aqueduc qu'il a exécutés en béton aggloméré, pour la dérivation des eaux de la Vanne.*

23° De M. Ernest Gouin, membre de la Société, un exemplaire de ses *Observations sur les admissions temporaires des métaux.*

24° De Son Excellence M. le ministre des travaux publics belge, un exemplaire du *Compte rendu des opérations, pendant les années* 1867 *et* 1868, *des chemins de fer de l'État, des postes et du télégraphe.*

25° De M. Desbrière, membre de la Société, un exemplaire du mémoire de MM. Aramburn et Barron, ingénieurs espagnols, sur les *Expériences qui ont été faites au Mont-Cenis, sur le système Fell.*

26° De M. Marlier, membre de la Société, une *Analyse* de l'ouvrage de *M. Mouchot*, sur les *Applications industrielles de la chaleur solaire.*

27° De M. Vinchent, membre de la Société, un exemplaire de son rapport sur la *Télégraphie aux États-Unis d'Amérique, projets d'intervention gouvernementale.*

28° De M. Charles Blacker-Vignoles, président de l'*Institution of civil Engineers de Londres*, un exemplaire de son *Discours*, session de 1869-70.

29° *Vereines deutscher ingénieur*, les numéros du premier trimestre 1870.

30° *De la Société Degli ingegneri e degli industriali*, leur bulletin de l'année 1868.

31° *De la Société des ingénieurs et architectes américains*, les numéros de leurs bulletins.

32° *De l'Académie des sciences, belles-lettres et arts, de Clermont-Ferrand*, tome X de leur Mémoire.

33° *Annales industrielles*, les numéros du premier trimestre 1870.

34° De la *Société des ingénieurs civils d'Ecosse*, leur bulletin du premier trimestre de 1870.

35° De l'institution *of Mechanical Engineers*, les numéros du quatrième trimestre 1869 de son bulletin.

36° *De la Société industrielle de Reims*, les numéros de son bulletin de septembre et octobre 1869.

37° De la *Revue horticole*, les numéros du premier trimestre 1870.

38° De la *Gazette du Village*, les numéros du premier trimestre 1870.

39° De la *Société des ingénieurs autrichiens*, les numéros 8, 9, 10, 11 et 12 de 1869, de leur *Revue périodique*.

40° Du *Journal Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens*, les numéros 1 et 2 de 1870.

41° De la *Société de l'industrie minérale de Saint-Etienne*, le numéro du quatrième trimestre 1869 de son bulletin.

42° Du *Journal d'agriculture pratique*, les numéros du premier trimestre 1870.

43° De la *Revue d'architecture*, les numéros 10 et 11 de l'année 1869.

44° De la Revue *les Mondes*, les numéros du premier trimestre 1870.

45° Du journal *The Engineer*, les numéros du premier trimestre 1870.

46° De la *Société d'encouragement*, les numéros du premier trimestre 1870 de son bulletin.

47° De la *Société de géographie*, les numéros du premier trimestre 1870 de son bulletin.

48° De la *Société impériale et centrale d'agriculture*, les numéros de juillet, août, septembre, octobre, novembre et décembre 1869 de son bulletin.

49° Du journal *l'Invention*, les numéros du premier trimestre 1870.

50° De la *Revista de obras publicas*, les numéros du premier trimestre 1870.

51° De la *Revue des Deux-Mondes*, les numéros du premier trimestre 1870.

52° De la *Revue contemporaine*, les numéros du premier trimestre 1870.

53° Du journal *le Moniteur des travaux publics*, les numéros du premier trimestre 1870.

54° Du *Journal de l'éclairage au gaz*, les numéros du premier trimestre 1870.

55° Du journal *l'Isthme de Suez*, les numéros du premier trimestre 1870.

56° Des *Annales du Génie civil*, les numéros du premier trimestre 1870.

57° Du *Journal des chemins de fer*, les numéros du premier trimestre 1870.

58° Du journal *le Cosmos*, les numéros du premier trimestre 1870.

59° Du *Génie industriel*, les numéros du premier trimestre 1870.

60° Du journal *la Semaine financière*, les numéros du premier trimestre 1870.

61° Des *Annales des Conducteurs des ponts et chaussées*, les numéros des troisième et quatrième trimestres 1869, et le premier trimestre 1870.

62° Des *Nouvelles Annales de la construction*, les numéros du premier trimestre 1870.

63° Du *Portefeuille économique des machines*, les numéros du premier trimestre 1870.

64° Du *Propagateur des travaux en fer*, les numéros du premier trimestre 1870.

65° Des *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, les numéros du premier trimestre 1870.

66° De la *Propagation industrielle*, les numéros du premier trimestre 1870.

67° Du journal *Engineering*, les numéros du premier trimestre 1870.

68° Des *Annales des ponts et chaussées*, les numéros du premier trimestre 1870.

69° *Société industrielle de Saint-Quentin et de l'Aisne*, le troisième numéro de son bulletin de 1870.

70° *Société académique d'agriculture, des sciences, arts et belles-lettres du département de l'Aube*, le tome V de la troisième série de son bulletin.

71° *Institution of civil Engineers*, le numéro de leurs minutes of Proceddings de 1869.

72° *Société des Ingénieurs anglais*, le numéro de leurs transactions pour l'année 1869.

73° Du *Comité des forges de France*, les numéros 53 à 59 du bulletin.

74° De la *Société industrielle de Mulhouse*, les numéros du premier trimestre 1870 de son bulletin.

75° De l'*Association des anciens élèves de l'École de Liége*, le numéro du quatrième trimestre de 1869 de son bulletin.

76° Des *Annales des mines*, les numéros des 4°, 5° et 6° livraisons de 1869.

77° De la *Revue universelle des mines et de la métallurgie*, les numéros du premier trimestre 1870.

78° De l'*Aéronaute*, bulletin international de la navigation aérienne, les numéros du quatrième trimestre 1869.

79° Du *Moniteur des fils, des tissus, des apprêts et de la teinture*, les numéros du premier trimestre 1870.

80° *Société impériale des sciences, de l'agriculture et des arts de Lille*, le numéro du troisième trimestre 1868 de son bulletin.

81° *A Magyar Mémök-Egyesület Közlonye*, les numéros du premier trimestre 1870.

82° De la *Société des anciens élèves des Écoles impériales d'arts et métiers*, les numéros de son bulletin du premier trimestre 1870.

83° De la *Société Vaudoise des Sciences naturelles*, le numéro de mai 1869 de son bulletin.

84° *Société des Architectes et Ingénieurs du Hanovre*, les numéros 2 et 3 de 1869 de leur bulletin.

85° *Société des Arts d'Edinburgh*, le premier numéro de son bulletin.

Les Membres admis pendant le premier trimestre sont :

Au mois de janvier :

MM. Cachelièvre, présenté par MM. Cornaille, Pronnier et Rey.
Closson, présenté par MM. Callon, Claro et Gauthey.
Girard, présenté par MM. Callon, Desnos et Poulain.
Hittorf, présenté par MM. Dieudonné, Flachat et Gaudry.
Marchal, présenté par MM. Dujour, Eiffel et Tardieu.
Sparre, présenté par MM. Barrault, Fiévet et Le Bon.

Au mois de février ;

MM. Bertrand, présenté par MM. Garnier, Javal et Pereire.
Charlier, présenté par MM. Nordling, Petiet et Petitgand.
Dolabaratz, présenté par MM. Bonnet, Callon et Vuillemin.
Flaman, présenté par MM. Bonnet, Lefèvre et Vuillemin.
Gerhardt, présenté par MM. Guébhard, Lefèvre et Vuillemin.
Haughton, présenté par MM. Flachat, Marché et Vuillemin.
Masson, présenté par MM. Flachat, Moreau et Rancès.
Picard, présenté par MM. Flachat, Moreau et Rancès.

MM. PRUDENT, présenté par MM. Contamin, Leygue et Régnard.
PRUS, présenté par MM. Le Brun, Périssé et Pronnier.
SEVERAC, présenté par MM. Bobin, Hallopeau, Tardieu.
TAILLANDIER, présenté par MM. Le Brun, Pronnier et Rey.

Au mois de mars :

MM. CADIAT, présenté par MM. Brüll, Rouart et Vuillemin.
ERCKMANN, présenté par MM. Flachat, Petiet et Vuillemin.
FORTET, présenté par MM. Alquié, Herpin et Letellier.
GAULTIER, présenté par MM. Fèvre, Homburger et Tronquoy.
HARMAND, présenté par MM. Bonnet, Guébhard et Vuillemin.
LASSON, présenté par MM. Callon, Guébhard et Vuillemin.
MENSIER, présenté par MM. Bonnet, H. Tresca et Vuillemin.
NICOD, présenté par MM. Armengaud père, Armengaud fils et Mathieu.
NOBLET, présenté par MM. Flachat, Jordan et Vuillemin.
PLAZANET, présenté par MM. Callon, Regnard et Weil.
WENDEL (DE), présenté par MM. Guébhard, Petiet et Vuillemin.

Comme Membres associés :

MM. DUFAY, présenté par MM. Callon, Girard et Ménier.
MONTRICHARD (DE), présenté par MM. Brüll, Loustau et Tronquoy.

LISTE GÉNÉRALE DES SOCIÉTAIRES

1870

Membres du Bureau.

Président :

M. VUILLEMIN (Louis), ❋ O. ✱ ✠ ✱, rue Réaumur, 43.

Vice-Présidents :

NORDLING ❋ ✱ ✱, boulevard Malesherbes, 87.
YVON-VILLARCEAU ❋ ✱, avenue de l'Observatoire, 18.
MAYER (Ernest) ❋, rue d'Amsterdam, 41.
LAURENT (Charles) ❋, rue de Chabrol, 35.

Secrétaires :

MM. MORANDIÈRE (Jules), rue Notre-Dame-des-Champs, 27.
TRESCA (Alfred), rue Saint-Martin, 292.
REGNARD (Paul), rue Charlot, 15.
LEYGUE (Pierre), boulevard Montparnasse, 92.

Trésorier :

M. LOUSTAU (G.) ❋ ✱ ✠ ✱, rue de Dunkerque, 20.

Membres du Comité.

MM. ALCAN (Michel) ❋, rue du Faubourg-Poissonnière, 98.
PETIET (J.) O. ❋ C. ✠ O. ✱ ✱ ✱, rue de Dunkerque, 20.
FARCOT (Joseph) ❋, au port Saint-Ouen.
CHOBRZYNSKI ❋ ✠, boulevard Magenta, 139.
LOVE ❋, rue Taitbout, 57.
BRÛLL, rue de La Rochefoucauld, 58.
SALVETAT ❋ ✱, à Sèvres (Manufacture impériale).
JORDAN (Samson) ❋, rue de Bruxelles, 15.
TRONQUOY (Camille), à Colombes (Seine).
BENOIT-DUPORTAIL (Armand-Camille), rue Bénard, 41, à Batignolles.
GUÉBHARD (Alfred) O. ✱ ✠ ✱, rue Lafayette, 88.

MM. Tresca (Henri), O. ✠ ✠ ✠, rue Saint-Martin, 292.
Callon (Ch.), ✠, rue de Birague, 16.
Muller (Émile) ✠, rue des Martyrs, 19.
Goschler, boulevard Saint-Michel, 35.
Desgrange, ✠ C. ✠ ✠ ✠, boulevard Haussmann, 135.
Richard (Jean-Louis), ✠, rue Billault, 31.
Forquenot ✠, rue du Louvre, 6.
Molinos (Léon), ✠, rue du Cardinal-Fesch, 2.
Péligot (Henri), rue Saint-Lazare, 43.

Présidents honoraires.

MM. Flachat (Eugène) O. ✠ C. ✠ ✠, rue Saint-Lazare, 99.
Morin (le général), G. C. ✠ ✠ ✠ ✠, directeur du Conservatoire Impérial des Arts et Métiers, rue Saint-Martin, 292.

Membres honoraires.

MM. Bélanger, O. ✠, rue d'Orléans, 15, à Neuilly.
Dumas, G. C. ✠, rue Saint-Dominique, 69.
Lavallée, O. ✠, rue de Penthièvre, 6.

Membres sociétaires.

MM. Aboilard (François-Auguste-Théodore), à Corbeil (Seine-et-Oise).
Achard, rue de Provence, 60.
Agnès (Antony), C. ✠, Plaza Descalzos, 11, à Cadix (Espagne).
Agudio (Thomas) ✠, rue de l'Arsenal, 17, à Turin.
Aivas (Michel), à Suez (Égypte).
Albaret ✠, constructeur, à Liancourt (Oise).
Albaret (Eugène), rue Legendre, 43 (Batignolles).
Alby (Joseph), à Turin (Piémont).
Alcan (Michel) ✠, rue du Faubourg-Poissonnière, 98.
Alquié (Auguste-François) ✠, rue de Maubeuge, 81.
Alziari de Malaussène, sous-inspecteur du mouvement au chemin de fer du Nord, à Crépy-en-Valois (Oise).
Ameline (Auguste-Eugène), rue Truffaut, 52, à Batignolles.
André (Gaspard-Louis), boulevard du Port-Royal, 83.

MM. André (Charles-Henri), rue du Manége, 6, à Nancy (Meurthe).
André (Oscar), rue de Flandre, 105.
Andry ✱, à Boussu, près Mons (Belgique).
Ansart (Ernest), place de l'Hôtel-de-Ville, 10, à Auxerre (Yonne).
Appert (Léon), rue de l'Ourcq, 59, à la Villette.
Arbulu (de) (José Maria), à Vergara (Espagne).
Arcangues (d') (Paul-Eugène) ✱, rue de Dunkerque, 18.
Arman (Lucien) ✱, constructeur, à Bordeaux (Gironde).
Armand (Eugène), rue de la Varvarka, 11, à Moscou (Russie).
Armengaud aîné ✱, rue Saint-Sébastien, 45.
Armengaud fils, aîné (Charles-Eugène), rue Saint-Sébastien, 45.
Armengaud jeune ✱, boulevard de Strasbourg, 23.
Armengaud jeune (Jules-Alexis), fils, boulevard de Strasbourg, 23.
Arnault (Marc-Emmanuel), à Saintes (Charente-Inférieure).
Arson (Alexandre) ✱, Compagnie du Gaz, rue Condorcet, 40.
Artus (Jules), boulevard Beaumarchais, 20.
Asselin (Eugène), rue des Poissonniers, 3 (Saint-Denis).
Audemar (Henri), à Monceaux-les-Mines (Saône-et-Loire).
Avril de Gastel (Louis), à Kovroff (Russie).
Badois (Edmond), rue de la Tour, 123, à Passy.
Baillet (Gustave), rue Saint-Ferdinand, 39, aux Ternes.
Balestrini, rue de Rivoli, 200.
Ball (Charles), Faubourg-Poissonnière, 126.
Banderali, O. ✱, rue de Navarin, 16.
Bandholtz (Frédéric), à Blaye (Gironde).
Bara, rue Simonnot, 1, aux Prés-Saint-Gervais.
Barbaroux (Marie-Ferdinand-Auguste), avenue de Madrid, 13, à Neuilly.
Barbe (Paul), faubourg Saint-Jean, 7, à Nancy (Meurthe).
Barberot (Félix) ✱, C. ✱, Grande-Rue, 21, à Batignolles.
Barnes (Edmond) ✱, à Saint-Michel (Savoie).
Barnoya (Luis), calle Alfaresos, 7, à Valladolid (Espagne).
Barrault (Émile), boulevard Saint-Martin, 17.
Barres-Barretto (de) (Manuel), à Pernambuco (Brésil).
Barroux (Léon), à Charleville (Ardennes).
Barthélemy (Henry), quai Voltaire, 3.
Battaille Straatman (Jean), rue des Croisades, 7, à Bruxelles, (Belgique).
Battarel (Pierre-Ernest), rue Cambrai, 3, à la Villette.
Baudet (Louis-Constant-Émile), rue du Rocher, 64.
Baudouin ✱, avenue de Neuilly, 115.
Baumal (Henri), à Sotteville-lez-Rouen (Seine-Inférieure).
Bauquel (François-Auguste), à Cirey (Meurthe).

MM. Bazerque (Pierre), faubourg Poissonnière, 46.
Beaucerf ✠, à Boulogne-sur-Mer (Pas-de-Calais).
Beauchamp (Émile-Laurent-Marie) ✠, boulevard du Prince-Eugène, 30.
Beaupré (Eugène), à Pont-Rémy (Somme).
Beaussobre (de) (Georges-Emmanuel), à Strasbourg (Bas-Rhin).
Behrens (Ernest-Auguste), avenue de Breteuil, 28.
Bélanger (Charles-Eugène), Fuencarral, 2, à Madrid (Espagne).
Belleville (Julien-François) ✠, avenue Trudaine, 6.
Bellier (Adolphe) ✠ ✠, rue du Loup, 57, à Bordeaux (Gironde).
Belpaire (Alfred), ingénieur en chef à Bruxelles (Belgique).
Benoit Duportail (Armand-Camille), rue Bérard, 11, à Batignolles.
Berger (Jean-Georges), chez M. André, à Thann (Haut-Rhin).
Bergeron, rue du Grand-Chêne, 8, à Lausanne (Suisse).
Bernard, ingénieur de la voie du chemin de fer du Nord, à Namur (Belgique).
Bertheault (William), directeur des forges de Montataire (Oise).
Bertholomey (Eugène), à Chantenay-sur-Loire, près Nantes (Loire-Inférieure).
Berthot (Pierre), à la papeterie du Pont de Seychal, à Thiers (Puy-de-Dôme).
Berton (Théodore), rue Mademoiselle, 16, à Versailles (S.-et-O.).
Bertrand (Charles-Pierre), boulevard Beaumarchais, 69.
Bertrand (Gustave), boulevard Saint-Michel, 54.
Béthouart (Alfred-Auguste), à Chartres (Eure-et-Loire).
Beugniot ✠ ✠, maison Kœchlin, à Mulhouse (Haut-Rhin).
Bévan de Massy (Henri), C. ✠ C. ✠, rue de Berlin, 8.
Bianchi ✠ ✠, rue de Rennes, 154.
Binder (Charles-Jules), boulevard Haussmann, 170.
Bippert, rue des Petites-Écuries, 42.
Birlé (Albert), place Bedoni, 12, à Turin (Italie).
Biver (Hector) ✠, rue du Cherche-Midi, 21.
Bixio (Maurice), rue de Rennes, 93.
Blaise (Jean-Louis-Émile), rue Blanche, 8.
Blake (David), à Dieppe (Seine-Inférieure).
Blanche (Auguste), quai Impérial, 3, à Puteaux.
Blanco (Juan-Maria), Plaza de San-Francisco, 3, à Sanlucar de Banameda (Espagne).
Blanleuil, à Mennecy, près Corbeil (Seine-et-Oise).
Blard (Alexandre-Louis), rue de Rivoli, 226.
Bleynie (Martin), rue de Lyon, 20.
Blonay (de) (Henri), administrateur et gérant des ateliers de construction à Reichshoffen (Bas-Rhin).

MM. Blondeau (Paul-François), à l'Ardoisière Saint-Gilbert, à Fumay (Ardennes).
Blot (Léon), rue d'Amsterdam, 54.
Blutel, à Troyes (Aube).
Bobin (Hippolyte), rue de Rennes, 17.
Boire (Émile), quai de la Haute-Deule, 25 et 27, à Lille (Nord).
Bois (Victor) ✱, boulevard Malesherbes, 69.
Boistel (Louis-Charles-Georges), rue du Cardinal-Fesch, 11.
Boitard (Charles-Alfred), à Yvetot (Seine-Inférieure).
Boivin (Émile), rue de Flandre, 145, à la Villette.
Bonnaterre (Joseph), rue Gaillon, 11.
Bonnet (Victor), rue Blanche, 27.
Bonnet (Désiré), à Toulouse (Haute-Garonne).
Bonnet (Auguste-Félix), rue Servandoni, 23.
Bontemps (Georges), boulevard Denain, 7.
Borgella (Édouard), route Impériale, 44, à Montretout, près Saint-Cloud (Seine-et-Oise).
Bossi (de) (Édouard), à Riom (Puy-de-Dôme).
Boubée (François-Charles-Paul), Strada-S.-Chiara, 2, à Naples (Italie).
Boucard (Alexandre-André), rue de la Paix, 3.
Bouchotte (Émile-Simon), à Metz (Moselle).
Boudard (Casimir), à Dangu, par Gisors (Eure).
Boudard (Félix-Arthur), rue de la Vallée, 35, à Amiens (Somme).
Boudent (Ernest-Gabriel), rue Saint-Sauveur, 18.
Bougère (Laurent), à Angers (Maine-et-Loire).
Bouilhet (Henri-Charles) ✱, rue de Bondy, 56.
Bouissou (Amable-Louis), rue Montrosier, 18, à Neuilly.
Boulet (Jean-Baptiste), faubourg Poissonnière, 144.
Boulogne (Jules-Ernest), quai de Seine, à Saint-Denis.
Bouquet (Ferdinand), rue Dieudé, 35, à Marseille (Bouches-du-R.).
Bouquié, rue Saint-Georges, 43.
Bourcard (Henri), à Guebwiller (Haut-Rhin).
Bourdon (Eugène) ✱, rue du Faubourg-du-Temple, 74.
Bourgeat (Alphonse), à Rochefort-sur-Mer (Charente-Inférieure).
Bourgougnon (Étienne), rue de la Victoire, 43.
Bourgougnon (René), rue Lemercier, 44 (Batignolles).
Bourset, gare de Ségur, à Bordeaux (Gironde).
Boutmy, rue Rambouillet, 2.
Boutté (Louis), rue Sainte-Placide, 49.
Bracquemont (de) (Adrien), boulevard Malesherbes, 19.
Branville (de) (Paul), boulevard du Prince-Eugène, 58.
Brauer (François-Charles), à Graffenstaden (Bas-Rhin).
Brault (Alexandre) ✱, à Chartres (Eure-et-Loir).

MM. Bréguet ✻, quai de l'Horloge, 39.
Brialmont, aux établissements de M. John Cockerill, à Seraing (Belgique).
Bricogne (Charles) ✻, rue du Faubourg-Poissonnière, 50.
Bridel (Gustave), directeur de la correction des eaux, à Bienne (Suisse).
Brissaud ✻, rue de Rennes, 147.
Brocchi (Astère), rue de Lyon, 49.
Brocchi (Auguste), rue Racine, 30.
Brodard (Marie-Anatole-Octave), rue du Bac, 94.
Bronne (Joseph), rue Joubert, 29.
Bronne (Louis), rue Grétry, 28, à Liége (Belgique).
Brouilhet (Émile), directeur de la compagnie Chaufournière de l'Ouest à Saint-Lô (Manche).
Bruère, à Signy-le-Petit (Ardennes).
Bruignac (Duroy de) (Albert), rue Taitbout, 55.
Brüll, rue de La Rochefoucauld, 58.
Brunet (de) (Alfonso), à Cieza, province de Murcia (Espagne).
Brunier ✻, rue Neuve-Saint-Patrice, 6, à Rouen (Seine-Inférieure).
Brunt (John), rue Petrelle, 15.
Brustlein (H.-Aimé), à Almunecar, province de Malaga (Espagne).
Buddicom ✻, rue de Lille, 72.
Bulot (Hippolyte), aux fonderies de Graville (Havre).
Bunel (Henri), rue du Conservatoire, 13.
Bureau, place de l'Église, 15 (Batignolles).
Burel (Eugène), avenue de la Grande-Armée, 73.
Busschop (Émile), boulevard du Prince-Eugène, 100.
Bussière (de), aux aciéries Barroin et Cie, à Saint-Étienne (Loire).
Cabanes (Félix), à Saint-Ouen (Seine).
Cabany (Armand), à Gand (Belgique).
Cachelièvre (Charles-Paul-Émile), à Badajoz (Espagne).
Cadiat (Ernest), rue Bonaparte, 30.
Cail (Émile), avenue de l'Empereur, 121.
Caillaux (Alfred-Adrien-Hippolyte), rue Saint-Jacques, 240.
Caillé (Jules-Charles), rue Guy-de-la-Brosse, 11.
Caillet ✻, avenue d'Antin, 7.
Caillot-Pinart, rue du Faubourg-Saint-Martin, 110.
Caisso (Marin), aux ateliers du chemin de fer de l'Ouest, à Rennes (Ille-et-Vilaine).
Calapre (Sébastien), rue Affre, 2, à la Chapelle.
Calla ✻, rue des Marronniers, 8, à Passy.
Calleja (Joseph-Antoine), à Ciudad-Réal, province de Badajoz (Espagne).
Callon (Charles) ✻, rue de Birague, 16.

MM. Calrow, rue Saint-Maur, 108.
Capdevielle, rue des Vertus, 70, à la Villette.
Capuccio (Gaetano), à Turin (Piémont).
Carcenat (Antoine), à la gare du chemin de fer du Nord, Paris.
Carcuac (Armand-Jean-Antoine), rue Neuve-des-Martyrs, 14.
Carénou (Édouard), rue des Beaux-Arts, 5.
Carimantrand (Jules), rue Germain-Pilon, 7.
Carpentier (Léon), rue de Fleurus, 37.
Carpi (Léonard-Emmanuel), via Goito, 10, à Gênes (Italie).
Cartier (Émile), à Nassandres (Eure).
Cassas (Louis-Charles), boulevard de Courcelles, 79.
Castel (Émile) ✻ O ✠, place Roubaix, 24.
Castor ✻, à Mantes (Seine-et-Oise).
Cauvet (Jacques-Aubin), rue Neuve-des-Mathurins, 73.
Cavé (François) ✻, place Lafayette, 114.
Cavé (Amable), avenue Montaigne, 51.
Cazalis de Fondouce (Paul), à Montpellier (Hérault).
Cazes (Edwards-Adrien), à la sucrerie de Tavaux-Pontséricourt (Aisne).
Cernuschi, boulevard Malesherbes, 10.
Chabrier (Ernest) ✻, rue Saint-Lazare, 89 (avenue du Coq, 4).
Chalain (Prosper-Édouard), chef du bureau de la voie, à Luxembourg (Grand-Duché).
Chaligny (Gabriel-Joseph), rue Philippe-de-Girard, 54.
Championnière, à Montlignon, près Montmorency (Seine-et-Oise).
Champouillon ✻, rue de la Chaussée-d'Antin, 66.
Chancerel (Charles-Antoine), rue de la Fidélité, 16.
Chapelle ✻, boulevard Beaumarchais, 90.
Chaper ✻, rue de Provence, 46.
Charbonnier (Amédée-Pierre), rue de Provence, 56.
Chardon (Eugène-Frédéric), rue des Petits-Hôtels, 34.
Charlier (Timothée), à Caen (Calvados).
Chareaudeau (Jules), rue de l'Arcade, 18.
Charpentier (Joseph-Ferdinand), rue de Turenne, 80.
Charpentier (Paul-Ferdinand), rue de Rome, 87.
Charton (Jules-Jean), rue Saint-Martin, 31, à Versailles (S.-et-O.).
Chauveau des Roches (Arthur), rue de Tournon, 16.
Chauvel (Émile), à Navarre, par Évreux (Eure).
Chavès (Léopold), inspecteur du service des eaux au chemin de fer du Nord, rue Paradis-Poissonnière, 12.
Chéron (Charles-Louis), Cours de Vincennes, 45.
Chéronnet (Victor), boulevard Haussmann, 57.
Chevandier de Valdrome (Eug.-Jean) ✻, rue de l'Arcade, 19.
Chobrzynski (Jean-Pierre-Charles) ✻ ✻, boulevard Magenta, 139.

MM. Cholet (Lucien-Alfred), à Lassay (Mayenne).
Chollet (Louis), à Belfort (Haut-Rhin).
Chopin (Nicolas-Philippe), à Pons (Charente-Inférieure).
Chrétien (Alfred), rue Perdonnet, 3.
Chuwab (Charles).
Cialdi (Alexandre) ✱ ✱, Via dell' Anima, 45, à Rome (Italie).
Ckiandi (Alexandre-Henri), rue des Templiers, 25, à Marseille (Bouches-du-Rhône).
Clair (Alexandre), rue Duroc, 5.
Claparède (Frédéric-Moyse) ✱, à Saint-Denis (Seine).
Claro (Paul-Victor), rue Saint-Leu, à Amiens (Somme).
Clémandot (Louis) ✱, 18, rue Brochant (Batignolles).
Clément-Desormes, quai Castellane, 20, à Lyon (Rhône).
Clervaux (de) (Paul), directeur des usines de Torteron (Cher).
Closson (Prosper), Cité d'Antin, 3.
Coignet (François), rue Miroménil, 98.
Colladon, à Genève (Suisse).
Collet (Charles-Henri), boulevard Haussmann, 73.
Comte (Charles-Adolphe), à Navarreins, arrond. d'Orthez (Basses-Pyrénées).
Consolat, boulevard Malesherbes, 68.
Contamin (Victor), boulevard Magenta, 2.
Coquerel (Paul), boulevard des Batignolles, 22.
Cordier-Bey (Jean-Antoine), C. ✱ O. ✱, rue Cardinal-Fesch, 47.
Cornaille (Alfred), à Cambrai (Nord).
Corpet (Lucien), rue Keller, 4.
Cosyns, à Couillet, par Charleroi (Belgique).
Cottrau (Alfred-Henri-Joseph) ✱, chef de bureau aux chemins de fer méridionaux italiens, 24, Vico Fico à Foria, Naples (Italie).
Couard (Joseph-Félix), rue de Lyon, 20.
Cournerie (Amédée-Barthélemy), à Cherbourg (Manche).
Cournerie (Jean-Baptiste-Eugène-Georges), rue de l'ancien Hôtel-Dieu, 27, à Cherbourg (Manche).
Courras (Philippe), boulevard des Batignolles, 58.
Courtépée (Laurent), rue des Francs-Bourgeois, 31.
Courtin (Amédée-Augustin), aux ateliers du chemin de fer du Nord, à la Chapelle.
Courtines (Jacques) ✱, à Rueil (Seine-et-Oise).
Couture (Jules), rue de la Darse, 9, à Marseille (B.-du-R.).
Cranney (Henri), rue d'Hauteville, 64.
Crépin (Christian), à la sucrerie de Soulty, par Arbret (P.-de-C.).
Crespin (Auguste), boulevard de Clichy, 14.
Crespin (Arthur-Auguste), avenue Parmentier, 7.

MM. Crétin ✱, rue de Berri, 47.
Crocé-Spinelli (Joseph-Eustache), rue de Rome, 40.
Cuinat (Charles), rue Bellefond, 4.
Curchod (Charles-Louis), rue Laffitte, 8.
Daburon (Henri-Charles), rue du Théâtre, 34, à Grenelle.
Dagail (Louis), à Angoulême (Charente).
Daguerre d'Ospital (Léon), calle de Prado, 20, à Madrid (Espagne).
Daguin (Ernest) ✱, rue Geoffroy-Marie, 5.
Dailly (Gaspard-Adolphe) O. ✱, rue Pigalle, 69.
Dallot (Auguste), rue Béranger, 17.
Dambricourt (Auguste), à Vezernes, par Saint-Omer (Pas-de-C.)
Daney (François), place Sainte-Croix, à Bordeaux (Gironde).
Danjou (Lazare), boulevard de Clichy, 136.
Darblay (Paul), à Corbeil (Seine-et-Oise).
Daret-Derville, chef du bureau des études du matériel du chemin de fer de Séville à Cadix, à Séville (Espagne).
Daveluy (Marie-Alfred-Alphonse), rue d'Hauteville, 33.
David (Augustin), boulevard Magenta, 14.
Debarle (Louis), rue de l'Ourq, 33, à la Villette.
Decaux (Charles-Auguste) ✱, rue Notre-Dame-des-Champs, 107.
De Coene (Jules), à Rouen (Seine-Inférieure).
Decomberousse (Charles), rue Blanche, 63.
De Dion (Henri) ✱, rue de Moscou, 28.
Deffosse (Étienne-Alphonse), au chemin de fer de Lyon à la Méditerranée, au Puy (Haute-Loire).
Degousée (Edmond), rue Chabrol, 35
D'Eichthal (Georges), rue Neuve-des-Mathurins, 100.
Delannay ✱, agent-voyer en chef, au Mans (Sarthe).
Delannoy (François-Albert), ✱ C ✱, boulevard Saint-Jacques, 71.
Delaporte (Louis-Achille), rue de Turenne, 43.
Delattre, boulevard du Prince-Eugène, 63.
Delaunay (Jules-Henri), rue des Fontaines, 106, à Libourne (Gironde).
Delaunay (Louis-Marie-Gabriel), rue du Port, 9, à Saint-Denis (Seine).
Delebecque, rue de Douai, 6.
Deligny (Ernest) O. ✱, rue Jean-Goujon, 16.
Delom (Florentin), boulevard Beaumarchais, 73.
Delonchant, rue Saint-Pierre, 3, à Sèvres (Seine-et-Oise).
Delpech (Ferdinand), Chaussée d'Antin, 49.
Delsa (Hubert), à Pietrasa, près Naples (Italie).
Demanest (Edmond), rue de Berlin, 27.
Demeule (Gustave), rue de la Bague, 1, à Elbeuf (Seine-Inférieure).
Demimuid (Réné), rue de Rennes, 65.

MM. Deniel ❋, à Troyes (Aube).
Denise (Lucien), passage Violet, 12.
Depérais (Ch.), Viro St-Peresella de Spagnoli, 33, à Naples (Italie).
Deprez (Marcel), rue Cassini, 16.
Derennes (Jean-Baptiste-Ernest), avenue Parmentier, 10.
Deroide (Auguste), cité Gaillard, 5.
Desbrière ❋ C. ❋ ✻, rue de Provence, 56.
Desforges (Louis-Alphonse), au chemin de fer de Mulhouse (Haut-Rhin).
Desgoffe (Auguste-Jules), boulevard de Vaugirard, 6.
Desgrange, ❋ C. ❋ ✻ ✠, boulevard Haussmann, 135.
Desmasures (Camille), O. boulevard Haussmann, 64.
Desmousseaux de Givré (Émilien), rue de Lille, 79.
Desnos (Charles), boulevard Saint-Martin, 13.
Després (Gustave) ❋, à Borgone Susa (Italie).
Després (Alphonse-Vict.-Guillaume), rue Boursault, 3.
Despret (Édouard), rue de Stassart, 69, à Bruxelles (Belgique).
Devaureix (Jules), rue de la Cerisaie, 13.
Deville (Anatole), rue de Lyon, 39.
Dez (Jules), Via Pellegrini, 627, allargo Latillo, à Naples (Italie).
Dézelu (Jacques-Isidore), rue Saussure, 116, aux Batignolles.
D'Hamelincourt (Éloi-Joseph), rue Saleneuve, 29 (Batignolles).
Diard (Henri-Pierre-Alfred), à Amboise (Indre-et-Loire).
Didierjean (Eugène) ❋, à Saint-Louis (Moselle).
Dietz (David), à Montigny-lez-Metz (Moselle).
Dieudonné (Camille-Henri-Marie) ❋ ✻, faubourg Poissonnière, 136.
Dolabaratz (Louis-Alfred), boulevard Magenta, 135.
Dombrowski (Thomas-Adolphe), à Metz (Moselle).
Donnay (Charles), rue des Trois-Couronnes, 48.
Dorré, à la gare du chemin de fer de l'Est, rue de Strasbourg.
Douliot (Paul-Charles), rue des Usines, 2, à Grenelle.
Dru (Saint-Just) (Antoine), rue Rochechouart, 69.
Dru (Léon-Victor-Edmond), rue Rochechouart, 69.
Dubied (Henri-Édouard), à Couvet, par Pontarlier (Suisse).
Dubois (Eugène-Auguste), rue de l'Annonciade, 30, à Lyon (Rhône).
Dubuc (Michel-Maximilien), boulevard Magenta, 52.
Dufournel (Alphonse-Théodore), à Gray (Haute-Saône).
Dufrené (Hector-Auguste), rue de la Fidélité, 10.
Dugourd, à Alais (Gard).
Dujour (Nicolas-Alexis), rue Truffaut, 104 (Batignolles).
Duméry, boulevard des Batignolles, 24.
Dumont (Henri), à Jaguara, province de Minas Péraes (Brésil).

MM. Du Pan (Louis), à Soissons (Aisne).
Duparc (Georges), rue Martel, 3.
Dupont (Charles), boulevard Saint-Michel, 106.
Dupuy (Léopold-Philibert), rue de Flandre, 108, à la Villette.
Durenne ❋, à Courbevoie.
Durenne (Antoine) ❋, rue de la Verrerie, 30.
Durocher (Constant), à Coulommiers (Seine-et-Marne).
Durval (Maurice-Charles), à Monte-Rotondo, près Massa Maritima (Italie).
Duval (Edmond) ❋, aux forges de Paimpont, près Plélan (Ille-et-Vilaine).
Duval (Raoul), rue François Ier, 45.
Eiffel (Gustave), rue Fouquet, 48, à Levallois (Seine).
Elmering (Adolphe), rue de la Ferme, à Rouen (Seine-Inférieure).
Elwell père, rue Tronchet, 5.
Elwell (Thomas), rue Moncey, 9.
Engelmann, en Russie.
Epstein (Jules-Eugène), avenue Montaigne, 51.
Erckmann (Ferdinand), Dragomiresci, près Tergoiste (Valachie).
Ermel (Frédéric) ❋, rue de Valenciennes, 10.
Escande (Antoine-Marie), rue de Vaugirard, 177.
Étienne (Antoine), calle de las Palmas, 77, à Séville (Espagne).
Euverte (Jules), à Terre-Noire (Loire).
Évrard (Alfred), Place Pereire, 5.
Évrard (Augustin), rue Saint-Samson, 28, à Douai (Nord).
Fabre (Émile-Jean-Jacques-Ernest), rue Blanche, 83.
Falguerolles (Eugène), à Séville (Espagne).
Faliès (Jacques-Alfred), rue aux Lièvres, au Mans (Sarthe).
Farcot (Joseph) ❋, au port Saint-Ouen (banlieue).
Farcot père ❋, au port Saint-Ouen (banlieue).
Farcot (Emmanuel), rue Soyer, 7, parc de Neuilly (Seine).
Farcot (Abel), au port Saint-Ouen (banlieue).
Faure-Beaulieu, rue Meslay, 25.
Fayol (Henri), à Commentry (Allier).
Febvre (Armand), rue de Ponthieu, 23.
Fell (John-Barraclough), rue de Rivoli, hôtel Meurice.
Fellot (Jean), rue Legendre, 101 (Batignolles).
Fernex (de), rue Perdonnet, 9.
Fernique (Albert), rue Barbet, 5.
Férot ❋, rue d'Aumale, 14.
Fèvre (Léon-Jean-Baptiste), rue de la Tour, 117, à Passy.
Fèvre (Henri), boulevard Malesherbes, 72.
Fiévet (Ernest-Émile), rue de Sèvres, 155.
Flachat (E) O. ❋ C. ❋ ❋, rue Saint-Lazare, 89 (avenue du Coq, 4).

MM. Flachat (Adolphe), rue Saint-Lazare, 62.
Flachat (Yvan), rue Lavoisier, 1.
Flachat (Jules), quai Maubec, 9, à La Rochelle (Charente-Inférieure).
Flaman (Nicolas-Charles-Eugène), rue Perdonnet, 2.
Flaud ✱, avenue de Suffren, 40.
Flavien (Émile-Georges), rue du Bouloi, 26.
Foex (Etienne-Jean-Antoine), chemin des Chartreux, 77, à Marseille (Bouches-du-Rhône).
Fonbonne (de) (Charles-Alexandre), rue de Maubeuge, 81.
Fontenay (de) (Anselme), rue Cardinal-Lemoine, 14.
Fontenay (Tony), rue des Récollets, 1, à Grenoble (Isère).
Fontenay (de) (Eugène) ✱, à Baccarat (Meurthe).
Forey (Miltiade), à Montluçon (Allier).
Forquenot (Victor) ✱, rue du Louvre, 6.
Fortet (Charles-Élie-Dioclès), boulevard Magenta, 35.
Fortin-Herrmann (Louis), boulevard Montparnasse, 114.
Fortin-Herrmann (Émile), boulevard Montparnasse, 114.
Foulon y Tudo (Joseph-John), Fort Washington Institute-Station-M. New-York (États-Unis d'Amérique).
Fouquet (Louis-Ernest), chez M. Gouin, avenue de Clichy.
Fournier (Victor) ✱, boulevard de l'Empereur, 178.
Fournier, rue de la Ville-l'Évêque, 40.
Fournier (A.), boulevard du Chemin de fer, 36, à Orléans (Loiret).
Fraix (Félix), rue Taitbout, 57.
Fresnaye (Adrien-Aimé), à Marenla, par Montreuil-sur-Mer (Pas-de-Calais).
Frichot, à Pont-Rémy (Somme).
Fromantin (Jean-Baptiste), rue Bonaparte, 24.
Fromont, au chemin de fer de l'Est, à Vesoul (Haute-Saône).
Froyer, Grande-Rue, 21, à Batignolles.
Fuchet (Pierre-Paul), carrefour de l'Observatoire, 2.
Gaget, rue de Guttemberg, 23, à Boulogne-sur-Seine.
Gaildry (Cyprien), chaussée du Maine, 4.
Gallais (Adolphe-Pierre), rue Bichat, 3.
Gallaud (Charles), rue Neuve-Fontaine, 6.
Gallois (Charles), à Francières par Pont-Saint-Maxence (Oise).
Gambaro, boulevard Denain, 7.
Gandillot (Jules), rue de Tivoli, 6.
Ganneron (Edmond) O. ✱, avenue de la Grande-Armée, 83.
Garcia (Manuel-Charles-Auguste), à Saintes (Charente-Inférieure).
Garnier (Jules-Jacques) ✱, boulevard Magenta, 35.

MM. Gast (Édouard-Victor), à Issenheim (Haut-Rhin).
Gaudet O. ✱, à Rive-de-Gier (Loire).
Gaudineau (Louis), rue Martel, 17.
Gaudry (Jules), rue de Dunkerque, 24.
Gaultier (Georges-Léon-Louis), rue d'Amsterdam, 53.
Gaune (André-Joseph-Emile), à Saint-Louis-de-Morangan (Brésil).
Gaupillat (Ernest), au Bas-Meudon (Seine-et-Oise).
Gauthey (Émile-Mac-Marius), rue de Lisbonne, 15.
Gauthier (Paul-Émile), rue du Temple, 20.
Gaveau (Alfred-Frédéric), Marché aux Bestiaux, 9, à Saint-Omer (Pas-de-Calais).
Gayrard (Gustave) ✱, rue du Faubourg-Saint-Honoré, 222.
Geay (Charles-Louis), à Cognac (Charente).
Génissieu, rue Chauchat, 13.
Gentilhomme ✱, quai de la Tournelle, 45.
Geoffroy (Octave), rue Marcadet, 8, à Montmartre.
Gerber (Eugène), directeur de l'exploitation du chemin de fer de Kachau à Oderberg, Neumann Gasse, 7, à Vienne (Autriche).
Gerhardt (Charles-James), faubourg Saint-Denis, 157.
Germon (Alexis) C. ✱, ingénieur du matériel et de la traction au chemin de fer du Nord de l'Espagne, à Valladolid (Espagne).
Geyler (Alfred-Édouard), rue de Douai, 35.
Gibon (Alexandre-Louis) ✱, à Commentry (Allier).
Giffard ✱, rue Marignan, 14.
Gigot (Paul-Eugène), rue du Faubourg-Poissonnière, 123.
Gil (Claudio), à Barcelone (Espagne).
Girard (Adam-Charles), rue Monge, 2.
Girard, faubourg Poissonnière, 35.
Gislain, rue de Rome, 62.
Glaser (Frédéric-Charles), rue de Rendez-Vous, 2.
Godfernaux, place Pereire, 5.
Goldenberg (Paul-Frédéric-Alfred), à Zornhoff, près Saverne (Bas-Rhin).
Goldschmidt (Philippe), quai Jemmapes, 310.
Goldschmidt (de) (Théodore), Elisabeth strasse, 3, à Vienne (Autriche).
Goschler (Charles), à Constantinople.
Gottereau (Jean-Marie), ingénieur des mines, 53, Carrera de San-Geronimo, à Madrid (Espagne).
Gottschalk, ingénieur en chef, directeur du matériel et de la traction aux chemins de fer du Sud de l'Autriche, Maximilien strasse, 5, à Vienne (Autriche).
Gouilly (Henri-Louis-Auguste), rue Thévenot, 19.
Gouin (Ernest) O. ✱, rue de Cambacérès, 4.

MM. Goumet, rue du Temple, 118.
Goupillon (Arthur-Jules-Désiré), rue Nollet, 81, à Batignolles.
Gouvy (Alexandre), aux forges de Hombourg, près Saint-Avold (Moselle).
Gouvy (Émile), à Goffontaine (Prusse Rhénane).
Grall (Isidore), à Saint-Nazaire-sur-Loire (Loire-Inférieure).
Grand (Albert), rue des Petits-Hôtels, 34.
Grand fils (Jullien), à Oullins, près Lyon (Rhône).
Grateau (Michel-Edmond) ✱, rue du Dragon, 9.
Grégory (Georges-Aristide), à Maransin, par Guitres (Gironde).
Grenier (Achille) ✱, C. ✠ ✱, Forest-City-Mecker Co Minnesota US d'Amérique (États-Unis).
Gressier (Louis-Edmond), boulevard Magenta, 136.
Grièges (de) (Louis-Maurice), sous-ingénieur de la traction des chemins de fer de l'Ouest, rue de Clichy, 43.
Grouvelle (Philippe-Jules), rue des Écoles, 48.
Guébhard (Alfred) O. ✠ ✠ ✱, rue de Lafayette, 88.
Guébin (Jules), rue, Saint-Sabin, 16.
Guénivet (Ernest), chef de la verrerie de la Croix-Blanche, à Vierzon (Cher).
Guérard (Paul), au chemin de fer du Nord, à Amiens (Somme).
Guerbigny (Germeuil-Gaston), à Villiers-le-Bel (Seine-et-Oise).
Guérin de Litteau (Edgar) O. ✠ ✱, rue Blanche, 3.
Guettier, rue Oberkampf, 74.
Guibal (Théophile) ✱, à l'École des Mines de Mons (Belgique).
Guillaume (Charles) ✱, chemin de fer du Midi, allée Saint-Michel, 41, à Toulouse (Haute-Garonne).
Guillaume (Henri), rue du Château-d'Eau, 58.
Guillemin (Étienne), à la Perraudette, près Lausanne (Suisse).
Guillemin, usine de Casamène, à Besançon (Doubs).
Guillon (Nicolas) ✱, à Amiens (Somme).
Guillot (Gustave) ✱, rue des Acacias, 12, aux Ternes.
Guisand (Girardot-René), à Lausanne (Suisse).
Guiter (André-Jacques-Joseph), à Ismailia (Isthme de Suez).
Guntz (Charles), à Haguenau (Bas-Rhin).
Haas (Henri) C. ✱ O. ✠ O. ✱ ✠ ✱, rue de Provence, 65.
Halley, rue d'Havré, 49, à Mons (Belgique).
Hallié (François-Ernest), à Fermo (Italie).
Hallopeau (Paul-François-Alf.), rue Saint-Lazare, 102.
Hamers, boulevard Lefèvre, 30 (15e arrondissement).
Hamoir ✱, à Maubeuge (Nord).
Hangard (Louis-Émile) ✱, rue Honoré-Chevalier, 5.
Harmand (Eugène-Auguste), à Épernay (Marne).
Haughton (Benjamin), Harron Londres, N. W. (Angleterre).

MM. Harouard (Charles-Narcisse-Auguste), à l'agence de la Compagnie transatlantique, à Fort-de-France (Martinique).
Henderson (David-Marz), ingénieur en chef des phares du gouvernement chinois, à Shang-Haï (Chine).
Henri-Lepaute, fils (Édouard-Léon), rue de Rivoli, 146.
Henriet (Louis-Jean), rue Saint-Georges, 38, à Batignolles.
Hermary (Hippolyte-Albert-Jos.), à Moulle, par Saint-Omer (Pas-de-Calais).
Herpin (Louis), boulevard Beaumarchais, 79.
Hervey-Picard (Paul-Philippe), rue de Rome, 62.
Hervier (Alfred-Charles), rue de la Fidélité, 10.
Heurtebise (Paul), chez M. Doré, maître de forges, rue Chappe, 4, au Mans (Sarthe).
Hinstin (Napoléon), rue Meslay, 40.
Hittorf (Henri-Bonaventure), rue Maubeuge, 82.
Homburger (David), quai Jemmapes, 310.
Honoré (Frédéric), Établissements de la Risle, à Pont-Audemer (Eure).
Houel ✱, avenue des Champs-Élysées, 75.
Houlbrat (Abel), rue de Rome, 43.
Hourier (Évariste), rue des Acacias, 20, aux Ternes.
Hovine (Alfred), rue de Lyon, 61.
Huber (William) ✱, rue Miroménil, 76.
Hubert, rue Blanche, 69.
Huet (Alfred), rue de Douai, 35.
Huguenin (Jules), chez M. Delattre, à Roubaix (Nord).
Huguet (Auguste-Adrien), à Barbezieux (Charente).
Humblot (Nicolas-Léon), rue des Clercs, à Metz (Moselle).
Hurcourt (d'), rue des Tournelles, 26.
Imber (Alexandre-François), avenue des Ternes, 91.
Imbs (Alexis-Joseph-Albert), à Lutzelhausen, par Schirmeck (Vosges).
Jacques (Jean-Nicolas), boulevard Beaumarchais, 72.
Jacquin ✱, rue de l'Église, 20, à Batignolles.
Jamin (Jules-Édouard), à Eurville, près Saint-Dizier (Haute-Marne).
Jalibert (Louis-Ferdinand), rue Saint-Gilles, 17.
Jarry, au Gué de Velluire, par Vix (Vendée).
Javal (Ernest), place Wagram, 2.
Jeanson (Charles-Marie-Auguste), rue Monge, 17.
Jequier (Henri-Jean), rue du Val-de-Grâce, 9.
Joannis (de) (Léon), à Monterhausen (Moselle).
Jolly (César) ✱, à Argenteuil (Seine-et-Oise).
Joly (de) (Théodore), rue de Grenelle-Saint-Germain, 121 *bis*.
Jones (Hodgson), rue Lafayette, 31.

MM. JONTE (Émile-Frédéric), rue des Usines, 5 (Grenelle).
JORDAN (Samson) ✠, rue de Bruxelles, 15.
JOUANNE (Gustave), rue du Château-d'Eau, 52.
JOUANNIN (Achille), villa Montmorency, à Auteuil.
JOUSSELIN (Paul) ✠, quai Lepelletier, 8.
JOYANT (Charles-Paul-Abel) O. ✠, à Mulhouse (Haut-Rhin).
JUANMARTINENA (de) (José), à Renteria, province de Guipuzcoa (Espagne).
JUBECOURT (de) (Barthélemy), à Vaudrevanges, près Sarrelouis (Prusse Rhénane).
JULLIN (Aimé), à la mairie de Toulon (Var).
JUNCKER (Paul), rue de Maubeuge, 17.
JURY (Joseph), à Pons (Charente-Inférieure).
JUTEAU (Émile-Désiré), en Russie.
KARCHER (Édouard), à Sarrebruck (Prusse Rhénane).
KOCH (Louis-Jean-Baptiste-Adolphe), rue de Rambuteau, 23.
KOHN (Ferdinand), Robert street Adelphi, 6, à Londres (Angleterre).
KOMARNICKI (Sigismond), rue des Coutures-Saint-Gervais, 1.
KREGLINGER, rue Stassart, 141, à Ixelles-lez-Bruxelles (Belgique).
KRÉMER (Philippe), à Rosbruck, près Forbach (Moselle).
KRUPP (Alfred) O. ✠ C. ✠ ✠ ✠ ✠ ✠, à Essen (Prusse).
LABORIE (de) (Alexandre), boulevard de Sébastopol, 27.
LABOULAYE ✠, rue de Madame, 40.
LABOUVERIE (Prosper), à Bouillon, province de Luxembourg (G.-Duché).
LACOMBE ✠, rue Condorcet, 60.
LACRETELLE (Claude-Étienne), au château de Grammont, par Vivieu le-Grand (Ain).
LAFON (Adrien), à Mazamet (Tarn).
LAHURE (Paul-Camille), hauts-fourneaux de Monceau-sur-Sambre, à Marchiennes-au-Pont (Belgique).
LAINÉ, rue du Faubourg-du-Temple, 59.
LALIGANT (Paul), à Maresquel, par Campagne-les-Hesdin (P.-de-C.).
LALO, rue Saint-André-des-Arts, 45.
LAMBERT (Ernest), à Vuillafand, par Ornans (Doubs).
LAMING (Joseph-Mowbray), rue de l'Odéon, 20.
LANCEL (Augustin-Jules), ingénieur de la voie, à Tergnier (Aisne).
LANDSÉE (de) (Adolphe), rue de Ponthieu, 61.
LANGLOIS (Auguste), rue de Clichy, 23.
LANGLOIS (Charles), rue du Cardinal-Fesch, 10 *bis*.
LANGLOIS (Ernest-Hippolyte), à Fermo (Italie).
LANTRAC (Eug.-Adolphe), rue Champagny, 5.
LAROCHETTE (de) (Jérôme) ✠, Cours Napoléon, 11, à Lyon (Rhône).
LARPENT, boulevard des Invalides, 18.

MM. Lartigue (Henri), Grande-Rue, 66, à Passy.
La Salle (Auguste), à Kriens, près Lucerne (Suisse).
Lasseron (Charles), rue Saint-Lazare, 48.
Lasson (Alphonse), Faubourg-Saint-Martin, 12.
Lasvignes (Louis), à Aix-en-Provence.
Laurens (Camille) ✱, rue Saint-Honoré, 350.
Laurens (Marie), allée Saint-Étienne, 38, à Toulouse (H.-Garonne).
Laurent (Lambert), gare de Ségur, à Bordeaux (Gironde).
Laurent (Charles) ✱, rue de Chabrol, 35.
Laurent (Pol-Charles), rue des Bouchers, 11, à Passy.
Laurenzano (Nicolas-Marie), strada Egiziaca, à Pizzofalcone, 59, (Naples).
Lavalley, O. ✱ C. ✠, rue Murillo, 18.
Laveissière (Émile-Jean), rue de la Verrerie, 58.
Lebargy, ingénieur de la voie, à Amiens (Somme).
Leblond (Paul-Henri), avenue Trudaine, 47.
Lebon (Eugène) C. ✱, rue Drouot, 11.
Le Brun (Louis-Gabriel), rue de Belzunce, 10.
Le Brun (Raymond-Louis) ✱, 8, Prado Ciudad-Réal (Espagne).
Lecherf, rue Corneilles, 63, à Levallois-Perret.
Léclanché (Georges), rue Condorcet, 74.
Le Cler (Achille) ✱, rue de l'Abbaye, 12.
Leclerc (Émile), rue Lemercier, 32 (Batignolles).
Lecœuvre (Paul) ✱ ✱, rue Turenne, 111.
Lecoq (Jean-Félix-Édouard), Faubourg Saint-Martin, 66.
Lecorbellier (George-G.), rue de Londres, 51.
Le Cordier (Léon), rue Pergolèse, 37.
Lecouteux (Nicolas-Hippolyte), rue Oberkampf, 74.
Lefèvre (Léon-Marie), place Saint-Pierre, 2 et 4, à Dijon (Côte-d'Or).
Lefèvre (Prosper), rue Lemercier, 31 (Batignolles).
Lefèvre (Edmond-Ferdinand) ✱, boulevard Magenta, 42.
Lefèvre (Eugène-Hippolyte), à Avesnes-sur-Helpe (Nord).
Lefrançois, rue Rocroy, 23.
Legat (Mathurin-Désiré), rue de Châlons, 22.
Legavriand (Paul-Floride), à Lille (Nord).
Lehaitre (Paul-Léon), rue de Lille, 37.
Lejeune (Charles-Émile) ✱, chef de l'exploitation du chemin de fer des Charentes, à Saintes (Charente-Inférieure).
Le Laurin (Jules), rue de la Sorbonne, 2.
Leloup (Joseph-Benoît), fabricant de sucres, à Arras (Pas-de-Calais).
Leloup (Félix), aux mines de l'Autunois, à Autun (Saône-et-Loire).
Leloup (Louis-Joseph-Clément), rue Brochant, 18.
Lemaire (Alexandre-Auguste), à Aix-les-Bains (Savoie).

MM. Le Moine (Charles), à Saint-Germain de Tallerande (Calvados).
Lemoinne (Lucien) ✠, rue de l'Université, 6.
Lemonnier (Paul), aux forges de Terre-Noire (Loire).
Lemonon (Ernest), à Arc-en-Bárois (Haute-Marne).
Lencauchez, rue du Faubourg-Saint-Martin, 212.
Lepainteur (Constant), directeur de la Fonderie, à Évreux (Eure).
Lepeudry (Paul-Noël), rue Montholon, 28.
Lepeudry, rue Montholon, 28.
Leprince (Alexandre), à Vevey (Suisse).
Le Roy (Amable) ✠, place de la Gare, 27, à Nancy (Meurthe).
Le Roy Desclosages (Raoul-Charles), Grande-Rue, 104, à Champigny-sur-Marne (Seine).
Letellier, rue Saint-Vincent-de-Paul, 7.
Letestu, rue du Temple, 118.
Létrange (Léon), rue des Vieilles-Haudriettes, 1.
Levassor (Émile-Constant), maison Durenne, à Courbevoie.
Levat (Gustave) ✠, à Arles (Bouches-du-Rhône).
Level (Émile), rue Murillo, 4, parc Monceaux.
Lévi-Alvarès (Albert), O. ✠ C. ✠, rue Saint-Jean, 54, à Madrid (Espagne).
Lévy (Jules), rue des Écluses-Saint-Martin, 23.
Leygue (Pierre-Aug.-Léon), boulevard Montparnasse, 92.
Lewandowski (Charles), 18, Goy's Bulding (Boston), États-Unis d'Amérique.
Lhomme (Paul-Émile), rue du Faubourg-Saint-Martin, 140.
Limet (Hippolyte), à Cosne (Nièvre).
Limoge (de) (Louis-Auguste), rue Neuve de la Villardière, 30 (Guillotière), à Lyon (Rhône).
Lippmann (Édouard), rue de Chabrol, 51.
Lissignol (Antoine-Abraham-Emmanuel), rue de la Pépinière, 2.
Litschfousse (Léon), Callé de Silva, 38, à Madrid (Espagne).
Lloyd, aux États-Unis.
Loiseau (Adolphe), rue de Sèvres, 108.
Loiseau (Désiré), rue Lafayette, 137.
Loisel O ✠ ✠, directeur du chemin de fer, à Chimay (Belgique).
Longpérier (Charles), rue Sabot, 6, à Meaux (Seine-et-Marne).
Longraire (Léopold-François), via Goito, 10, à Gênes (Italie).
Lopez-Bustamante (Francisco), à Santander (Espagne).
Lousteau (Gustave) ✠ ✠ ✠ ✠, rue de Dunkerque, 20.
Love (Georges-Henri) ✠, rue Taitbout, 57.
Macabiès (Paul-Maurice-Joseph), rue de Flandre, 68, à la Villette.
Mac Alpine, 16, Broadway New-York.
Madelaine (Édouard), à Saintes (Charente-Inférieure).
Magny (Charles), à Luxeuil (Haute-Saône).

MM. MAIRE (Armand), rue de la Bienfaisance, 10.
MALDANT, rue d'Armaillé, 27, aux Ternes.
MALLET (Anatole), rue Blanche, 80.
MALO (Léon) ✱, aux mines de Seyssel, à Pyrimont-Seyssel (Ain).
MANBY (Charles) ✱ C. ✱ ✱ ✠, 79, Harley street, Londres (Angleterre).
MARCAIS, boulevard de la Madeleine, 17.
MARCHÉ (Eugène-Ernest), rue Blanche, 88.
MARCILLY (de), architecte, rue de Vaugirard, 277.
MARCO MARTINEZ (Agapito), province de Logroño Alfaro (Espagne).
MARCHAL (Victor), rue de Vaugirard, 147.
MARÉCHAL (Alfred), à Sotteville-lez-Rouen (Seine-Inférieure).
MARÈS (Henri-Pierre-Louis), rue Sainte-Foy, à Montpellier (Hérault).
MARIÉ (Ernest) ✱, rue de Seine, 6.
MARIN (Paul), à Bühl, près Guebwiller (Haut-Rhin).
MARINDAZ (Jules-Charles), rue Saint-Lazare, 84.
MARION (Jacques-Louis), en Russie.
MARIOTTE (Charles), quai de la Râpée, 36.
MARLAND (Joseph), dir. des ateliers de M. Joret, à Bessèges (Gard).
MARLE (Paul), à Montceau-les-Mines (Saône-et-Loire).
MARLIER (Paul-Théodore-Eugène), rue Nexirue, 18, à Metz (Moselle).
MARSILLON (Jean), ingénieur principal, à Vesoul (Haute-Saône).
MARTENOT ✱, à Ancy-le-Franc (Yonne).
MARTIN (Charles), rue Monge, 85.
MARTIN (Louis) ✱, rue de Strasbourg, 10.
MARTIN (Charles-William), avenue de la Reine-Hortense, 13.
MARTIN (Léon-Adolphe), rue d'Assas, 5.
MASSELIN (Armand), rue de Lancry, 14.
MASSON (Georges), Impasse Béranger, 11.
MASTAING (de) (Louis), rue de Chaillot, 95.
MATHIAS (Félix) ✱ O. ✱ ✱ ✠ ✱, rue de Dunkerque, 20.
MATHIAS (Ferdinand) ✱ ✱, à Lille (Nord).
MATHIEU (Henri) ✱, rue Casimir-Périer, 27.
MATHIEU (Ferdinand) O. ✱, rue de Provence, 56.
MATHIEU (Jules) ✱, rue de l'Entrepôt, 15.
MATTHIESSEN (James-Adolphe), rue Drouot, 25.
MAUGET (Jean-Aristide) ✱, Pallazzo Rossi al Largo Marcatello, à Naples.
MAUGUIN (Pierre-Étienne), rue Taitbout, 80.
MAURE (Edmond), rue de Penthièvre, 24.
MAURY (Arthur-Nicolas), rue Linné, 10.
MAYER (Edmond-Louis), boulevard Beaumarchais, 82.
MAYER (Ernest) ✱, rue d'Amsterdam, 41.
MAZELINE ✱, constructeur, au Havre (Seine-Inférieure).

MM. MEINER (Charles-Louis), à l'Isle-sur-le-Doubs (Doubs).
MÉGRET, au château de la Meynardie, à Saint-Privat, par Saint-Aulaye (Dordogne).
MEHRMANN (Auguste-Albert), rue Sainte-Glossinde, 2, à Metz (Moselle).
MÉLIN (Jules-Léon), rue Louvois, 6.
MÉLITON (Martin), ingénieur en chef de la construction du chemin de fer du Nord-Ouest de l'Espagne, à Léon (Espagne).
MENSIER (Alphonse-Eugène), à Épernay (Marne).
MÉRAUX (Gustave-Louis), rue de Chabrol, 36.
MERCIER (Auguste), rue Pierre-Levée, 18.
MESDACH, rue Saint-Paul, 28.
MESMER ✱, à Graffenstaden (Bas-Rhin).
MESNARD, rue de l'Université, 183.
MEYER (J.-J.), avenue de Matignon, 11.
MEYER (Adolphe), avenue de Matignon, 11.
MICHAUD (Edmond), fabricant de savons, rue de Pantin, 49, à Aubervilliers (Seine).
MICHAUD (Jules), rue de Douai, 7.
MICHEL (Alphonse), à Troyes (Aube).
MICHEL (Léopold), à Saintes (Charente-Inférieure).
MICHELANT ✱, au chemin de fer d'Orléans (au dépôt), à Ivry.
MICHELET (Émile), quai Valmy, 251.
MICHELET (Gustave), rue des Deux-Églises, 32, à Bruxelles (Belgique).
MIGNON, rue Oberkampf, 151.
MINARY, usine de Casamène, à Besançon (Doubs).
MIRECKI (Antoine-Salwomir), boulevard Magenta, 150.
MITCHELL (William-Jean-Baptiste) ✱ ✱, au chemin de fer de Lyon, boulevard Mazas.
MOERATH (Jean-Népomucène), Alser strasse, 25, à Vienne (Autriche).
MOISANT (Armand), constructeur, rue d'Assas, 28.
MOLÉON (Léopold), rue Saint-André-des-Arts, 52.
MOLINOS (Léon-Isidore) ✱, rue du Cardinal-Fesch, 2.
MOLL (Henri), quai Bourgogne, 57, à Bordeaux (Gironde).
MOLLARD, rue de l'Écluse, 17.
MONARD (Charles), rue Perdonnet, 12.
MONNIER (Démétrius), rue de la Darse, 7, à Marseille (Bouches-du-Rhône).
MONNOT (Paul-Charles), boulevard Impérial, 163, au Havre (Seine-Inférieure).
MONTHIERS, rue Neuve-des-Petits-Champs, 62.
MONTOUAN (André), à la gare d'Argentan (Orne).
MONY (Stéphane) O. ✱, à Commentry (Allier).
MORANDIÈRE (Jules-Raoul), rue Notre-Dame-des-Champs, 27.

MM. Morandière (Édouard-Alexis), rue Notre-Dame-des-Champs, 27.
Moreau (Albert), rue de Seine, 6.
Moreau (Émile), rue de la Tour, 16, à Bordeaux (Gironde).
Moreaux (Félix) ✱ ✱, rue François Ier, 52.
Morice, ingénieur de la voie, à Hazebrouck (Nord).
Morin (le général) G. ✱ ✠ ✱ ✱, rue Saint-Martin, 292.
Mouchelet Bey, rue de Clichy, 60.
Mraile (Alexandre-Antonin), agent voyer à Jonzac (Charente-Inférieure).
Muller (Adrien, à Jemeppe-lez-Liége (Belgique).
Muller (Émile) ✱, rue des Martyrs, 19.
Mulot-Durivage (Albert), rue de Navarin, 14.
Nancy (Alfred), ingénieur des docks, au Havre (Seine-Inférieure).
Nehse (Charles-Georges), en Russie.
Néri (Ferreira-Jean) ✱, à Rio-Janeiro (Brésil).
Nicod (Émile), à Beaucourt (Haut-Rhin).
Nillis (Auguste), à Châtillon-sur-Seine (Côte-d'Or).
Nillus (Albert-Emmanuel), rue de Rome, 51.
Noblet (Albert), place Saint-Paul, 6, à Liége (Belgique).
Noisette, rue des Poissonniers, 50, à la Chapelle.
Nordling (Wilhelm) ✱ ✱ ✱, conseiller aulique de S. M. l'Empereur d'Autriche, ingénieur-conseil du Ministre du commerce, à Vienne (Autriche).
Normand fils, constructeur au Havre (Seine-Inférieure).
Nougaret (Jean-Joseph), à Saintes (Charente-Inférieure).
Nouguier (Émile-Toussaint-Michel), rue Saint-Honoré, 171.
Nozo (Alfred) ✱ ✱, à Luxeuil (Haute-Saône).
Nye (Henri), rue Chappe, 7.
O'Brien (William), rue Charles-Laffitte, 19, à Neuilly (Seine).
Orsat (Louis-Hingest), rue de la Victoire, 29.
Orsatti (Camille), rue Neuve des Petits-Champs, 38.
Ory (Paul-Étienne), avenue de Sceaux, 22, à Versailles (S.-et-O.).
Oudot (Charles), rue des Saints-Pères, 40.
Oughterson (George-Blacke), fondeur à Rouen (Seine-Inférieure).
Paget (Frédéric-Arthur), 1, Seymour Chambies. York-Buildings, Adelphi, W. C. (Londres).
Pajot (François-Théophile), boulevard Malesherbes, 19.
Palotte (Émile) fils, rue de la Chaussée-d'Antin, 15.
Paquin ✱, au chem. de fer de Saragosse à Alicante, à Madrid (Esp.).
Parlier (Jean-Louis-Édouard), rue de Londres, 56.
Pascal, quai de la Marine, 7, à Saint-Denis.
Pasquet-Chamier (George-Antoine), boulevard de Strasbourg, 48.
Paul (Antoine), rue de Clichy, 69.
Pedezert (Charles-Henri), à Saintes (Charente-Inférieure).

MM. Pélegrin (Henri-Auguste), à Valréas (Vaucluse).
Pélegry (Maurice-François Louis), aux forges et laminoirs du Bazacle, à Toulouse (Haute-Garonne).
Péligot (Henri), rue Saint-Lazare, 49.
Pellier (Pierre-Émile), rue Serpenoise, 10, à Metz (Moselle).
Pereire (Eugène) O. ✱ ✠, rue du Faubourg-Saint-Honoré, 35.
Pereire (Émile) fils, boulevard Malesherbes, 86.
Pereire (Henri), rue du Faubourg-Saint-Honoré, 35.
Pérignon (Eugène), faubourg Saint-Honoré, 105.
Périssé (Jean-Sylvain), rue Blanche, 95.
Perrault (Auguste-Étienne) ✱, rue Lafayette, 41.
Perret (Louis), rue d'Hauteville, 67.
Perrot ✱, rue Saint-Dominique-Saint-Germain, 16.
Pesaro (Jules), à Parme (Italie).
Petiet (Jules) O. ✱ C. ✱ O. ✠ ✱ ✱, rue de Dunkerque, 20.
Petin O. ✱, à Rive-de-Gier (Loire).
Petit (Émile-Charles), rue des Minimes, à Roanne (Loire).
Petit (Georges-Ch.-André), à Saint-Jean d'Angely (Charente-Inf.).
Petitgand ✱, boulevard Malesherbes, 68.
Petitjean, rue de Bruxelles, 13.
Petre, rue de Bourgogne, 52.
Picard (Edmond), rue du Château-Trompette, 3, à Bordeaux (Gironde).
Picard (Maurice-Félix-Antoine), rue de la Reine, 57, à Lyon (Rhône).
Picard, 36, Palazzo Ristori Lung Arno Nuovo, à Florence (Italie).
Pichault (Stéphane), à l'établissement de John Cockerill, à Seraing (Belgique).
Pierrard (Eugène), boulevard du Temple, 22, à Reims (Marne).
Pierre (Antoine), à Remiremont (Vosges).
Pierron ✱, rue des Batignolles, 43, aux Batignolles.
Piet (Jules), rue de Chabrol, 33.
Pihet fils, rue Neuve-Popincourt, 8.
Pillichody (Arnault), entrepreneur des travaux publics, à Villeneuve-l'Archevêque (Yonne).
Pinat (Léon), aux forges d'Allevard (Isère).
Piquet (Alfonse) ✠, 38, Cervantes, à Madrid (Espagne).
Place (de) (Henri), à Saint-Éloi, par Montaigut-les-Combrailles (Puy-de-Dôme).
Planat (Paul-Amédée), rue Saint-Louis, 59, à Grenelle.
Plazanet (Joseph-Antoine), rue des Gravilliers, 23.
Poinsot, rue Hauteville, 45.
Pollet (Henri), directeur des mines de Santo-Martinho, à Alcanises, province de Zamora (Espagne).

MM. Poiret (Émile), au Mans (Sarthe).
Poncelet (Antoine), O. ✻ ✻, à Bruxelles (Belgique).
Poncin (Frédéric), rue Saint-Saturnin, 6, à Tours (Indre-et-Loire).
Pot (Charles), rue Dieudé, 18, à Marseille (Bouches-du-Rhône).
Pothier (Francis), rue de Penthièvre, 6.
Pottier (Ferdinand), passage des Eaux, 4, à Passy.
Pouell, ing. de la voie au chemin de fer du Nord, à Douai (Nord).
Poulain (Jules-Étienne), boulevard Beaumarchais, 14.
Poupard, rue de Longchamps, 10, à Chaillot.
Priestley (William-Charles), rue du Cherche-Midi, 36.
Prisse (Édouard-Louis) ✻, chem. de fer d'Anvers à Gand (Belgiq.).
Pronnier (Charles), quai Voltaire, 23.
Prou (Victor-Armand), place de la Bourse, 15.
Prouteaux (Réné-Albert), aux fonderies de Romilly-sur-Andelle, par Pont-Saint-Pierre (Eure).
Prudent (Georges-Henri-Émile), rue Condorcet, 36.
Prudon (Jean-Marie), ingén. de la maison Joret à Montataire (Oise).
Prus (Georges), à Ciudad Réal, à Badajoz (Espagne).
Pury (de) (Gustave) ✻, à Neufchâtel (Suisse).
Puylaroque (de) (Raymond), rue de Sèvres, 137.
Quarre d'Aligny (Henri-Ferdinand), rue Malher, 20.
Quesnot (Louis-Auguste-Émile), boulevard Mazas, 18 ou 20.
Rainneville (de) (Xavier), boulevard Haussmann, 162.
Rancès (Frédéric), rue Sainte-Catherine, 137, à Bordeaux (Gironde).
Raspail (Émile-Jules), rue du Temple, 14.
Rasquin (Henri-Auguste), à Montigny-lez-Metz (Moselle).
Rebière (Guillaume), à Reims (Marne).
Redon (Martial), allée des Bénédictins, à Limoges (Haute-Vienne).
Regad (Léon), rue des Granges, à Besançon (Doubs).
Régel (de) (Philippe-Constant) ✻, à Strasbourg (Bas-Rhin).
Regnard (Louis-Paul-Antoine), rue Charlot, 15.
Regnault (Jules) ✻, rue de Stockholm, 4.
Renard (Nicolas-François), rue du Bac, 122.
Renard (Lucien), rue de Rovigo, 18.
Rey (Louis-Pierre-Félix) ✻, rue Budé, 8 (Ile-Saint-Louis).
Reymond (Francisque), entrepreneur, place de la Mairie, à Montbrison (Loire).
Reynaud (Charles), à Cette (Hérault).
Reynaud (Georges), rue de la Paix, 4.
Reytier, rue du Cherche-Midi, 34.
Revin (Jules-Henri-Vict.), rue Cambraisienne, 92, à Avesnes (Nord).
Rhoné (Charles-Léopold) ✻, rue du Faubourg-Saint-Honoré, 35.
Ribail (Xavier) ✻, rue du Chemin-de-Fer, 35.
Richard (Jean-Louis) ✻, rue Billault, 31.

MM. Riche (Armand), rue du Bac, 34.
Richemond (Émile-Louis), rue Mansart, 11.
Richemont (de) (Nicolas), à Gous, près Kocimoff, gouvernement de Riazan (Russie).
Richomme, rue Saint-Jean, à Pontoise (Oise).
Ridder (de) (Pierre-Octave), rue de Douai, 6.
Rigollot (Ernest), à la gare de l'Ouest, boulevard Montparnasse.
Robert (Gustave-Louis), à Montigny-lez-Metz (Moselle).
Robert (Jacques), rue Truffaut, 37 (Batignolles).
Rocaché (Louis-Jules), rue de la Roquette, passage Sainte-Marie, 12.
Rogé, à Pont-à-Mousson (Meurthe).
Rohart (François-Ferdinand), rue Nollet, 72, à Batignolles.
Rolin (François-Étienne), place Mahon, 4, à Alger.
Romme (Alfred) ✱, à Saint-Quentin (Aisne).
Roques (Adrien-Jacques), à Saint-Affrique (Aveyron).
Roseau (Ubald-Ursmar), à Fives, près Lille (Nord).
Rosiés (Aristide), rue des Abeilles, 18, à Marseille (B.-du-R.).
Rouart, rue Oberkampf, 149.
Roussel (Simon), rue Turenne, 95.
Roussin (Étienne), rue des Fossés, 3, à Vitré (Ille-et-Vilaine).
Rouyer (Victor-Léandre), Cours impérial, à Saintes (Charente-Inférieure).
Roy (Edmond), à la fabrique de glaces de Lima (Pérou).
Roze (Eugène), fabricant de toiles cirées, rue du Château-d'Eau, 78.
Rozycki (Stanislas), à Bességes (Gard).
Rubin (Arthur), rue de Navarin, 22.
Rueff (Léon), rue Bellefond, 31.
Ruhlmann (Albert-Martin), rue Montebello, 10, à Anvers (Belgique).
Ruolz (de) O ✱ G. O. ✱ C. ✱, rue du Canivet, 3.
Saillard, constructeur, à Nantes (Loire-Inférieure).
Saint-James, inspecteur de la voie au chemin de fer du Nord, faubourg Saint-Denis, 146.
Salesse (Paul-Alphonse), inspecteur de la traction à Tours (Indre-et-Loire).
Salleron (Ernest), à Sens (Yonne).
Salomon (Louis-Antoine-Marie), rue d'Amsterdam, 82.
Salvetat (Alphonse) ✱ ✱, à la Manufacture impériale de Sèvres (Seine-et-Oise).
Sandberg (Christer-Geter), consulat suédois, à Londres.
Sautter (Louis) ✱, rue Jean-Goujon, 16.
Sauvan-Deleure (Louis), 84, rue de Paradis, à Liége (Belgique).
Scellier, fondeur à Voujaucourt (Doubs).
Schabaver, à Castres (Tarn).

MM. Schaeck (Augustin-Clément), rue Lafayette, 103.
Scheidecker (Léon), à Lutzelhausen (Bas-Rhin).
Schivre, au Grand-Hornue, près Mons (Belgique).
Schlincker (Michel-Adolphe), à Creutzwald (Moselle).
Schlumberger ✱(Henri), au château de Guebwiller (Haut-Rhin).
Schlumberger-Hartmann, à Guebwiller (Haut-Rhin).
Schmerber, à Mulhouse (Haut-Rhin).
Schmoll (Adolphe), Wollzeile, 40, à Vienne (Autriche).
Schneider (Eugène) G. O. ✱ ✱, président du Corps législatif, rue Boudreau, 1.
Schwæblé (Paul-Joseph), rue Saint-Pierre-Popincourt, 24.
Sébillot (Amédée), en Chine.
Skebold (Lothaire-François), rue de Provence, 65.
Séguin (Paul), rue de la Ville-l'Évêque, 40.
Seillière (Edgard-Aimé), avenue de l'Alma, 61.
Sepres (de) (Henri-Robert-Yves), à Sainte-Geneviève des Bois, par Brétigny (Seine-et Oise).
Ser (Louis) ✱, rue de Rivoli, 82.
Sérafon ✱, rue Baudin, 14.
Sergejeff (Nicolas), rue de Parme, 8.
Serverac (Jacques-Paul), rue Amelot, 16.
Servier (Édouard), rue Lafayette, 89.
Siéber, rue Trézel, 1, à Batignolles.
Siemens, rue du Cardinal-Fesch, 11.
Smith (Louis-Christian-Henri), rue Neuve-des-Mathurins, 55.
Simon (Edouard), rue Bellefond, 23.
Simon (Henri), 7, Saint-Peters square, à Manchester (Angleterre).
Simonin (Louis) ✱ ✱, rue Neuve-des-Mathurins, 103.
Simons (Paul), à Le Cateau (Nord).
Sparre (Pierre-Ambson) O. ✱ ✱, rue Lafayette, 88.
Sommeiller (G.) 2, via S. Secundo, à Turin (Italie).
Sommer (Frédéric), à Saint-Pétersbourg (Russie).
Sonolet (Gustave-Auguste), rue de Marseille, 5.
Stapfer (Daniel), boulevard de la Mayor à Marseille (Bouches-du-Rhône).
Stilmant (Philippe-Louis-Aimé), rue de Rome, 115.
Stoclet (Victor), Chaussée Charleroi, 55, à Bruxelles (Belgique).
Stœkel (Charles), à Gannat (Allier).
Stummer (de) (Charles), Elisabeth-Strasse, 11, à Vienne (Autriche).
Sulzberger-Ziegler, à Winterthur (Suisse).
Taillandier (François), à Almadenejos (Espagne).
Taillard (Ernest) ✱ ✱, Faubourg-Poissonnière, 118.
Tardieu (Henri-Ernest), rue Neuve, 17, à Compiègne (Oise).
Tétard (François), rue Du Guay-Trouin, 17.

MM. Thauvin (Pierre-Jules), à Pise-Fontaine près Triel (Seine-et-Oise).
Theurkauff (Achille-Henri), à Rachecourt, par Chévillon (Haute-Marne).
Thévenet (Jules) O. ✱ C. ✱, rue de Douai, 61.
Thibault (Louis-Marie), boulevard de Neuilly, 16.
Thirion (Charles), boulevard Beaumarchais, 95.
Thirion (Oswald), rue de la Pépinière, 12.
Thomas (Jules-Émilien), rue de Cologne, 154, à Bruxelles (Belgique).
Thomas (Pierre), rue de la Ferme-des-Mathurins, 16.
Thomas (Frédéric), à la gare de Toulouse (Haute-Garonne).
Thomas (Max), quai Voltaire, 25.
Thomas-Grellou (Léon), rue de la Ferme-des-Mathurins, 30.
Thomé de Gamond, rue de Tivoli, 27.
Thouin (Charles) ✱ ✠ ✱, rue de Dunkerque, 20.
Thoulet (Julien), rue de Laval, 24.
Thouvenot, à Saint-Maurice, canton de Valais (Suisse).
Tiquet (Pierre-Maurice-Gustave), au Magny-Vernois, par Lure (Haute-Saône).
Tournade de Noaillat (Lucien-Henri-Amable), rue de la Bruyère, 22.
Tourneux (Félix), rue de la Michodière, 20.
Touron (Roch-Sylvain), rue de Dunkerque, 18.
Traz (de) (Édouard), rue d'Amsterdam, 71.
Trélat (Émile) ✱, rue d'Enfer, 19.
Tresca (Henri) O. ✱ ✱ ✱ ✠, sous-directeur au Conservatoire des Arts et Métiers, rue Saint-Martin, 292.
Tresca (Alfred), rue Saint-Martin, 292.
Trevellini (Louis), à Florence (Italie).
Tronchon (Jean-Anatole), rue de Metz, 8.
Tronquoy (Camille), rue Thomas-d'Orléans, 5, à Colombes (Seine).
Turck (Michel), rue d'Amsterdam, 29.
Turckheim (de) (Guillaume-Rodolphe), rue du Temple-Neuf, 3, à Strasbourg (Bas-Rhin).
Ulens (Léon), rue Godecharles, 20, à Ixelles-lez-Bruxelles (Belgique).
Urbain (Victor), rue Saint-Sabin, 24.
Urban (Maurice-Pierre), rue de la Loi, 102, à Bruxelles (Belgique).
Vaessen, directeur des ateliers de la Société Saint-Léonard, à Liége (Belgique).
Vaillant (Marie-Édouard), route de Paris, 27, à Vierzon (Cher).
Valentin (Léopold) ✱ ✱, place des Martyrs, 4, à Bruxelles (Belgique).
Vallance (Frédérich), Bridge street, Greenwich Kent, à Londres (Angleterre).
Vallez (Alphonse), rue des Anges, 10, à Valenciennes (Nord).

MM. Vallier (Émile) ✱, rue Saint-Lazare, 142.
Valton (Ferdinand), à Terre-Noire (Loire).
Vandel (Émile), aux forges de la Ferrière-sous-Jougne (Doubs).
Vander Elst (Lucien), à Braine-le-Comte (Belgique).
Vanderheym (Eugène-Napoléon), rue Mansart, 6.
Van Muyden (Aloys), rue de Bassano, 26.
Vauthier, rue Saint-Lazare, 11.
Vée (Léonce-Émile), boulevard Malesherbes, 72.
Vegni (Angelo) C. ✱ ✱ ✱, via Saint-Nicolo, 131, à Florence (Italie).
Verdié ✱, gérant des aciéries et forges de Firminy (Loire).
Veret (Jacques), à Nyon, canton de Vaud (Suisse).
Vergnes (Paul-Eugène), boulevard Sainte-Catherine, 28, à Limoges (Haute-Vienne).
Vérité (Augustin-Lucien), à Beauvais (Oise).
Verrine (Louis-Justin), rue Saint-Jean, 261, à Caen (Calvados).
Vescovali (Angelo), via Argentine, 34, à Rome.
Vidal (Victor), ingénieur de la Mission française au Caire (Égypte).
Vidard (Jean-Baptiste), rue de Rome, 51.
Vieillard (Jules-André-Albert), quai de Bacalan, 77, à Bordeaux (Gironde).
Vigan (Eugène-Médéric), cours de Vincennes, 45.
Vignier (Pierre-Auguste) ✱, rue de la Paix, 98, à Batignolles.
Vigreux (Léon), rue de Rivoli, 16.
Villermé, à Trelon (Nord).
Vinay (Pierre-Jules-Émile), rue Vanneau, 38.
Vinchent ✱, ingénieur en chef de l'État, à Bruxelles (Belgique).
Vinit (Pierre-Arsène), contrôleur au chemin de fer de Lyon, rue Montpensier, 34.
Viron (Charles-Louis), chef de section du chemin de fer d'Orléans, à la gare de Tours (Indre-et-Loire).
Voruz aîné ✱, à Nantes (Loire-Inférieure).
Vojacek (Ladislas), 2, Sachsenhausen, à Cologne (Prusse).
Vuigner (Henri-Louis), rue de l'Université, 30.
Vuigner (Adrien), rue des Saints-Pères, 14.
Vuillemin (Émile) ✱, aux Mines d'Aniche (Nord).
Vuillemin (Louis-Charles) ✱ O. ✠ ✱, rue Réaumur, 43.
Wahl ✱, boulevard Richard-Lenoir, 98.
Wallaert (Auguste), rue Saint-Sauveur, 23, à Lille (Nord).
Watteville (de) (Charles-Louis), rue Turbigo, 89.
Weil (Frédéric) ✱, rue des Petites-Écuries, 13.
Wendel (de) (Paul-François-Henri), à Mayeuvre (Moselle).
West (Paul), rue de Clichy, 43.
Whaley (Georges), à Sotteville-lez-Rouen (Seine-Inférieure).

MM. Willien (Léon), rue du Faubourg-de-Saverne, 10, à Strasbourg (Bas-Rhin).
Wissocq (Alfred), à Charleroi (Belgique).
Wohlguemuth, calle del Consego de Ciento, 356-2, P. Ensenche à Barcelone (Espagne).
Wolmeringer (Eugène-François), à Ismaïlia (Égypte).
Wurgler (André), rue de Compiègne, 2.
Xavier (Jean), rue Laffitte, 46.
Ximenez (Aureliano), à Ciudad Real (Espagne).
Yvert (Léon), rue de Londres, 4.
Yvon-Villarceau (Antoine) ✱ ✱, avenue de l'Observatoire, 18.

Membres Associés.

MM. Agache, filateur à Lille (Nord).
Chateau, au port Saint-Ouen (Banlieue).
Cordier (Henry-Georges, à Bellefontaine, district de Porrentruy, canton de Berne (Suisse).
Dehaynin (Camille), faubourg Saint-Martin, 12.
Dufay (Auguste), rue Neuve-Saint-Merri, 12.
Duménil (Louis-Joseph), rue de Montreuil, 13, à Pantin.
Durand (Eugène), rue de l'Arbre-Sec, 19, à Lyon (Rhône).
Estoublon, maître de forges, rue Lepic, 57.
Even, rue Montoyer, 36, à Bruxelles (Belgique).
Garnier (Ernest-Louis-Auguste) O. ✱, rue Saint-Pierre-Popincourt, 4.
Garnier (Paul-Casimir), rue Taitbout, 16.
Géneste (Eugène), rue du Chemin-Vert, 34.
Gérard (Gustave-Eugène), rue du Théâtre, 100, Grenelle.
Geyler (Henry), rue de Rivoli, 194.
Giroud (Henri), rue d'Hauteville, 49.
Joubert (Réné-Achille), rue de la Fidélité, 11, à Angers (Maine-et-Loire).
Laveissière (Jules-Joseph), rue de la Verrerie, 58.
Léon (Alexandre), Cours du Chapeau-Rouge, 11, à Bordeaux (Gironde).
Lesseps (de) (Ferdinand) G. C. ✱ ✱ ✱, président de la Compagnie universelle du canal de Suez, rue Richepance, 9.
Luck (Édouard) à Graffenstaden (Bas-Rhin).
Menier (Émile-Justin), rue Sainte-Croix de la Bretonnerie, 37.
Montrichard (de) (Girard), à Gray (Haute-Saône).
Moyse (Maurice) O. ✱, rue Pigalle, 16.
Oeschger (Louis-Gabriel), à Biache-Saint-Wast (Pas-de-Calais).

MM. Pereire (Émile) C ✱ ✱, président du Conseil d'administration du chemin de fer du Midi, rue du Faubourg-Saint-Honoré, 35.

Pereire (Isaac) O. ✱ ✱, président du Conseil d'administration de la Société autrichienne impériale et royale, rue du Faubourg-Saint-Honoré, 35.

Robin (Théodore), rue Saint-Lazare, 89 (avenue du Coq, 5).

Sommier (Alfred), rue de l'Arcade, 20.

Vickers, rue et hôtel du Helder.

M. le Président du Conseil d'administration de la Compagnie du chemin de fer du Nord, rue de Dunkerque, 20.

M. le Président du Conseil d'administration de la Compagnie du chemin de fer de l'Ouest, rue d'Amsterdam, 3.

M. le Président du Conseil d'administration de la Compagnie du chemin de fer de l'Est, rue de Strasbourg.

M. le Président du Conseil d'administration de la Compagnie du chemin de fer d'Orléans, rue de Londres, 8.

M. le Président du Conseil d'administration de la Compagnie du chemin de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée, rue Laffitte, n° 17.

Secrétaire-Archiviste.

M. Husquin de Rhéville ✱, rue Buffault, 26.

LISTE

DES MEMBRES DONATEURS

ET

DES MEMBRES EXONÉRÉS

Liste des Membres de la Société qui se sont exonérés et qui ont fait une donation de 100 fr. au moins.

MM.	fr.
Bergeron.	100
Biver (Hector).	100
Bois (Victor).	100
Bonnet (Auguste-Félix).	200
Bréguet.	500
Bricogne (Charles).	500
Buddicom.	600
Caillet.	600
Caillot-Pinart.	100
Calla.	500
Castor.	500
Chabrier (Ernest).	600
Chevandier de Valdrome (E.-J).	600
Chobrzynski (Jean-Pierre-Ch.).	600
Chemin de fer de l'Est.	1 600
Chemin de fer du Nord.	1 600
Chemin de fer de Lyon.	1 600
Chemin de fer d'Orléans.	1 600
Chemin de fer de l'Ouest.	1 600
Claparède (Frédéric-Moyse).	500
Crétin (Gabriel).	100
De Dion (Henri).	300
Deligny (Ernest).	200
Dufournel (Alphonse).	100
Durval (Maurice-Charles).	200
Farcot (Joseph).	200
Faure (Auguste) [1].	500
Flachat (Eugène).	600

MM.	fr.
Fontenay (Tony).	600
Forquenot (Victor).	600
Frichot.	100
Gaudet.	100
Giffard.	2 000
Gottschalk.	500
Guérin de Litteau (Edgar).	100
Hamers.	100
Houel.	1 000
Lalo.	100
Lasvignes (Louis).	100
Laurent (Charles).	200
Lavalley.	400
Le Brun (Raymond-Louis).	100
Letestu.	124
Loustau (Gustave).	100
Love (Gustave).	500
Maire (Armand).	100
Mathieu (Henri).	100
Martin (Charles-William).	500
Mayer (Ernest).	400
Meiner.	400
Mesdach.	100
Molinos (Léon-Isidore).	600
Mony (Stéphane).	600
Pereire (Émile).	1 000
Pereire (Isaac).	1 000
Pereire (Henri).	1 000

1. Décédé.

MM.	fr.	MM.	fr.
Pereire (Émile) fils.	1000	Rey (Louis-Pierre-Félix).	100
Pereire (Eugène).	500	Richard (Jean-Louis).	100
Perdonnet (Auguste) [1].	1000	Rhoné (Charles-Léopold).	600
Petiet (Jules).	3000	Schabaver.	100
Petin.	100	Séguin (Paul).	1000
Picard.	100	Sommeiller.	176
Pot (Charles).	100	Thouvenot.	100
Pothier (Francis).	300	Vuigner (Émile) [1].	1000
Pronnier (Charles).	200	Vuillemin (Louis).	500
Raspail (Émile-Jules).	100		

Liste des Membres qui sont donateurs de 100 fr. et plus, mais non exonérés.

MM.	fr.	MM.	fr.
Armengaud aîné père.	100	Guillaume (Henri).	100
Armengaud jeune père.	100	Haas (Henri).	100
Armengaud fils jeune (Jules).	100	Hamoir.	100
Barroux (Léon).	100	Jeannenay [1].	100
Beaussobre (de) (Georges-E.).	100	Krupp (Alfred).	2000
Belleville.	100	Lainé.	100
Blutel.	100	Lavallée.	500
Boire.	100	Le Roy (Amable).	100
Borgella (Édouard).	100	Legavriand (Paul-Floride).	100
Boudsot [1].	100	Manby.	250
Boutmy.	100	Marsillon (Jean).	200
Chapelle.	100	Martin (Louis).	100
Delebecque.	100	Meyer (J.-J.).	144
Dombrowski.	100	Mitchell (William-Jean-B.).	100
Dru (Saint-Just) (Antoine).	100	Nancy (Alfred).	100
Dubuc.	100	Nordling.	600
Estoublon.	200	Pinat (Léon).	100
Farcot père et fils.	600	Plazanet.	100
Fontenay (de) (Eugène).	100	Poncelet (le Général) [1].	100
Fourneyron [1].	5000	Reytier.	200
Garnier (Paul) [1].	100	Schneider.	500
Gouvy (Alexandre).	100		

1. Décédé.

Liste des Membres qui se sont exonérés.

MM.

Aboilard (François-Auguste-Th.).
Agache (Émile).
Agudio (Thomas).
Alcan (Michel).
Alquié (Auguste-François).
Albaret (Eugène)
Arbulu (de) (José Maria).
Arson (Alexandre).

Badois (Edmond).
Barrault (Émile).
Battaille Straatman (Jean).
Bélanger (Charles-Eugène).
Belpaire (Alfred).
Benoit-Duportail (Armand).
Bévan de Massy (Henri).
Birlé (Albert).
Blanche (Auguste).
Bleynie (Martin).
Blonay (de) (Henri).
Blondeau (Paul-François).
Boivin (Émile).
Bonnet (Désiré).
Bougère (Laurent).
Bournique[1].
Bourdon (Eugène).
Bourdon[1].
Bourset.
Branville (de) (Paul).
Bridel (Gustave).
Brunt (John).
Brustlein (H.-Aimé).
Bussière (de).

MM.

Callon (Charles).
Capuccio (Gaetano).
Cail (Émile).
Cazalis de Fondouce (Paul).
Cazes (Edwards-Adrien).
Cernuschi.
Chauveau des Roches (Arthur).
Chuwab (Charles).
Clément-Desormes.
Coene (de) (Jules).
Cosyns.
Comberousse (de) (Charles).
Cornaille (Alfred).
Cuinat (Charles).

Daguerre d'Ospital (Léon).
Dambricourt (Auguste).
Debarle (Louis).
Debauge (Jean-Louis).
Deffosse (Étienne-Alphonse).
Degousée père[1].
Dehaynin (Camille).
Degousée (Edmond).
Delannoy (François-Albert).
Demanest (Edmond).
Delpech[1].
Delpech (Ferdinand).
Deminuid (Réné).
Deniel.
Desnos (Charles).
Dru (Léon-Victor-Edmond).
Dubied (Henri-Édouard).
Durenne aîné.

1. Décédé.

Suite de la liste des Membres qui se sont exonérés.

MM.

Durenne (Antoine).
Dupuy (Léopold-Philibert).
Duval (Raoul).

Elwell [1].
Elwell (Thomas).
Ermel (Frédéric).
Evrard (Augustin).

Flachat (Yvan).
Fiévet (Ernest-Emile).
Fournier.

Gaget.
Gandillot (Jules).
Ganneron (Edmond).
Gaveau (Alfred-Frédéric).
Gayrard (Gustave).
Germon (Alexis).
Geyler (Alfred-Édouard).
Gislain.
Goschler (Charles).
Gottereau (Jean-Marie).
Goumet.
Grall (Isidore).
Grenier (Achille).
Guérin [1].
Guettier.
Guntz (Charles).

Henri-Lepaute, fils (Édouard-Léon)
Huet (Alfred).
Hodgson (Jones).
Houlbrat (Abel).
Jeanson (Charles-Marie-Auguste).
Jolly (César).

MM.

Joly [1].
Jordan (Samson).
Juanmartinena (de) (José).
Jullin (Aimé).

Lacombe.
Lacretelle (Claude-Étienne).
La Salle (Auguste).
Langlois (Auguste).
Lasson.
Laurens (Camille).
Laveissière (Émile-Jean).
Laveissière (Ernest) [1].
Laveissière (Jules).
Lebon (Eugène).
Lecherf.
Le Cler (Achille).
Lejeune (Charles-Émile).
Level (Émile).
Lévi-Alvarès (Albert).
Limet (Hippolyte).
Longraire (Léopold-François).

Maldant.
Marin (Paul).
Marle (Paul).
Marlier (Paul-Théodore-Eug.).
Martenot.
Mathias (Félix).
Mathieu (Ferdinand).
Maure (Edmond).
Mazeline.
Menier (Émile).
Mesmer.
Michelet (Émile).

1. Décédé.

Suite de la liste des Membres qui se sont exonérés.

MM.

MIGNON.
MIRECKI (Antoine-Salwomir).
MONNOT (Paul-Charles).
MULLER (Émile).

NOZO (Alfred).

PARLIER (Jean-Louis-Édouard).
PÉLIGOT (Henri).
PÉLEGRIN (Henri-Auguste).
PÉPIN-LEHALLEUR [1].
PÉRIGNON.
PÉRISSÉ (Jean-Sylvain).
PETRE.
PICHAULT (Stéphane).
PIET (Jules).
PIHET fils.
PIERRE (Antoine).
PIQUET (Alphonse).
POIRET (Émile).
PONCELET (Antoine).
POTTIER (Ferdinand).
POULOT.
PURY (DE) (Gustave).

REYMOND (Francisque).
RICHE (Armand).
ROCHETTE (DE LA), (Jérôme).
ROUART.

MM.

SAUVAN-DELEURE (Louis).
SAINT-JAMES.
SER (Louis).
SCHEIDECKER (Léon).
SIMON (Edouard).
SIMON (Henri).
SMITH (Louis-Christian-Henri).
SOMMIER.
SULBEGER-ZIEGLER.

THOMAS (Léonce) [1].
THOMAS-GRELLOU (Léon).
THOMAS (Max).

VAESSEN.
VALENTIN (Léopold).
VILLERMÉ.
VERRINE (Louis).
VORUZ.

WAHL.
WATTEVILLE (DE), (Charles).
WEST (Paul).
WHALEY (Georges).
WENDEL (de).
WISSOCQ (Alfred).
WURGLER (André).

YVERT (Léon).
YVON-VILLARCEAU (Antoine).

1. Décédé.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU

1ER TRIMESTRE DE L'ANNÉE 1870

Séance du 7 Janvier 1870.

Présidence de M. VUILLEMIN.

Le procès-verbal de la séance du 17 décembre est adopté.

L'ordre du jour appelle l'installation du bureau et du comité, pour l'année 1870.

M. Alcan, président sortant, prononce le discours suivant :

« MESSIEURS ET CHERS CONFRÈRES,

« Avant de souhaiter la bienvenue à l'excellent successeur que vous m'avez donné, et de passer en revue vos travaux de l'année écoulée, je dois rappeler l'acte important par lequel vous avez décidé la construction d'un hôtel depuis longtemps projeté. Les documents qui vous ont été distribués à la suite de l'enquête ouverte pour recueillir les avis de tous les sociétaires démontrent que bientôt notre Compagnie possédera une installation modeste, sans doute, mais cependant en rapport avec le nombre croissant de ses membres et l'exigence des services. *L'hôtel des Ingénieurs civils* sera la manifestation extérieure de l'existence d'une Société qui a pris rang parmi les institutions utiles du pays, et qui veut étendre encore son influence favorable au progrès industriel.

« Si j'ai eu l'honneur de conclure en votre nom, je le dois aux efforts de mes prédécesseurs et au concours de nos collègues du comité. Parmi les plus actifs il faut citer notre cher Président honoraire, M. Flachat, qui continue à se dévouer aux intérêts de la Société avec l'ardente sollicitude dont il a donné tant de preuves ; M. Petiet, qui, malgré les charges considérables dont il est investi, trouve encore des loisirs pour s'occuper de nos affaires ; MM. Love et Nordling, qui avaient su préparer les

mesures approuvées par vous; MM. Cretin, Muller, qui veulent bien, en qualité de membres de la sous-commission, surveiller l'exécution du projet étudié avec tant de soin par notre confrère, M. Demimuid; M. Loustau, notre dévoué trésorier, qui administre les finances de la Société avec le zèle et l'exactitude que vous savez.

« L'augmentation notable de la moyenne des sociétaires pendant le dernier exercice fait espérer une moisson abondante de travaux, qui seraient plus nombreux encore si les anciens ne se trouvaient souvent empêchés par leurs occupations et les nouveaux par une réserve excessive. Malheureusement la liste nécrologique des Ingénieurs civils enlevés à la Société est longue aussi cette année, et aux pertes si regrettables de MM. *Blanc-Garin*, *Borel*, *Charbonnier père*, *Courlet*, *Dupré*, *Paul Garnier*, *Herter*, *Victor Laurent*, *Mangeon*, *Mary*, *Morizot* et *Pepin-Lehalleur*, déjà mentionnées dans vos procès-verbaux, nous avons à ajouter celle toute récente de M. Galy-Cazalat.

« Il y a quelque semaines à peine, M. Galy nous faisait une communication qui a provoqué une discussion des plus intéressantes ; notre regretté confrère est mort sur la brèche que l'un des premiers il avait ouverte. Ancien élève de l'École polytechnique, ancien professeur à la Faculté des sciences, il unissait à une conception originale et à la foi robuste des grands inventeurs, les connaissances théoriques qui leur font souvent défaut. Peu de chercheurs ont moins profité de leurs idées que Galy-Cazalat. Les travaux de cet homme éminent sont considérables et variés; nous nous reprocherions de les analyser incidemment; une notice détaillée viendra bientôt, nous l'espérons, raconter cette longue et laborieuse carrière.

« Permettez-moi seulement de vous citer un fait qui vous peindra le caractère de l'homme et la conviction de l'inventeur.

« En 1848, lors des journées de juin, Galy-Cazalat se rendit seul, revêtu de ses insignes de représentant du peuple, aux barricades de son quartier (il habitait alors la rue Charlot). La sympathie qu'il inspirait à la classe ouvrière, son langage élevé et patriotique déterminèrent l'abandon d'un très-grand nombre de barricades ; mais au faubourg Saint-Antoine, les insurgés le retinrent prisonnier et le condamnèrent à mort. Notre regretté confrère s'inquiéta surtout alors d'une invention à laquelle il travaillait avec ardeur ; il fit à la hâte ses dernières dispositions pour léguer son projet à l'État, remit cette espèce de testament à l'un de ceux qui lui paraissaient le moins hostiles et attendit stoïquement. Par un de ces retours fréquents en temps de révolution, le faubourg fut pris entre le jugement sommaire rendu contre Galy et l'instant de l'exécution; les insurgés tombèrent aux mains de la troupe, et l'heureux dépositaire des dernières volontés de notre ancien collègue dut à sa chaleureuse intervention d'échapper à la transportation et peut-être à la mort.

« Vous excuserez, messieurs, l'un de ceux qui ont eu l'honneur de siéger à la Chambre avec Galy-Cazalat, et qui professaient pour lui une grande estime, d'avoir arrêté un instant votre attention sur des faits étangers aux travaux techniques.

« Au moment même où je croyais avoir terminé cette longue mention nécrologique, j'apprends une nouvelle perte bien sensible pour la Société, celle de M. Léonce Thomas, qui appartenait à la seconde promotion de l'École centrale. Il fut l'un des rares élèves honorés de deux diplômes au concours. Sa carrière tout entière répondit à ce brillant début. Revenu à l'École pour y professer jusqu'à ses derniers moments l'un des cours les plus importants, les devoirs de l'enseignement ne l'em-

pêchèrent pas de se placer dans la pratique à la tête des spécialités dont il s'occupait. L'industrie et la métallurgie, en particulier, doivent à Thomas et à son associé, M. Laurens, des progrès signalés. L'un des fondateurs de la Société des Ingénieurs civils et constamment membre du comité, Thomas en resta l'un des collaborateurs les plus dévoués. Cette mort, qui est venue frapper dans la force de l'âge, au milieu de sa famille, un camarade de plus de trente ans, nous cause une émotion qui ne nous permet pas de vous retracer les services rendus à notre profession par cet éminent confrère. Excusez-moi donc si je me borne à être l'interprète de vos regrets aussi fondés qu'unanimes.

« Je reviens, Messieurs, aux sujets dont je dois vous entretenir.

« Le concours annuel ouvert par la Société met en relief l'importance et la variété des œuvres du génie civil. En couronnant, cette année, les communications de M. Lavalley sur les travaux exécutés par lui et notre confrère M. Borel, prématurément enlevé à la science, vous avez devancé les manifestations universelles de l'opinion publique en présence d'une œuvre glorieuse à tant de titres pour notre profession.

« M. Lavalley, cependant, avait des compétiteurs sérieux, et vos commissions ont regretté de ne pouvoir décerner plusieurs médailles. Les travaux auxquels je fais allusion sont publiés dans vos bulletins. J'énumérerai entre autres les communications de MM. Molinos et Pronnier sur l'établissement d'un *chemin de fer communal économique*. Un homme, même étranger à la spécialité, demeure convaincu à la lecture de ces documents, de l'avenir considérable réservé au système exécuté avec tant de talent par MM. Molinos et Pronnier. L'importance du savant mémoire présenté par MM. Normand et Mallet *sur les conditions de travail et les utilisations des machines à vapeur marines*, fait vivement désirer la dernière partie de cette étude, dont les auteurs doivent saisir incessamment la Société. Enfin le mémoire analytique *sur le matériel de traction des chemins de fer* a été l'objet des éloges de la part des ingénieurs les plus autorisés, et notamment de notre nouveau Président, si compétent pour apprécier le beau travail de M. Bonnet.

« Parmi les sujets traités dans nos séances de l'année qui vient de finir, nous citerons *le chauffage par combustion intramoléculaire dans l'affinage de la fonte*, qui donna lieu à une remarquable étude de M. Jordan, en réponse à la communication de M. Galy-Cazalat, mentionnée plus haut.

« Ce mémoire de M. Jordan retrace les faits les plus délicats de la science appliquée avec une méthode et une clarté qui témoignent une fois de plus des connaissances étendues et de l'expérience pratique de l'auteur.

« M. Le Cler vous a exposé le complément de ses travaux sur la mise en rapport des lais de mer. Dire que cette seconde partie est digne de celle que vous avez couronnée l'année précédente est en faire le meilleur éloge. M. Coignet, poursuivant avec ardeur l'emploi des matériaux auxquels son nom demeure attaché, vous a communiqué, en même temps que d'intéressants résultats définitivement acquis à la pratique, des applications nouvelles qui méritent d'être expérimentées.

« Dans une direction non moins importante, nous vous rappellerons l'établissement de conduites souterraines sur une grande échelle et en pleine exploitation, pour le transport des jus de sucres, exécuté sur une idée originale de M. Linard. M. Maurel, qui a réalisé ce travail, en a démontré les avantages par des chiffres qui paraissent très-favorables à la multiplication des râperies.

« La discussion des mérites relatifs des compteurs à gaz secs et humides a fourni à

MM. Bell et Maldant l'occasion de porter devant la Société des éléments d'une question dont la solution pratique est susceptible d'être encore perfectionnée.

« L'étude si pleine d'actualité et si intéressante pour la Société des chemins de fer d'intérêt local, s'est enrichie avec MM. Nordling et Morandière de faits et de renseignements nouveaux.

« M. Simonin, en vous entretenant de son voyage sur le chemin de fer transcontinental établi entre l'Atlantique et le Pacifique, a esquissé un intéressant parallèle entre la législation des mines en Amérique et les lois françaises sur la même matière, entre le matériel des chemins de fer aux États-Unis et celui des nations européennes; cette communication est devenue le point de départ de répliques utiles de la part de MM. Vidard et Gaudry. Ils vous ont tour à tour retracé les efforts des Compagnies françaises pour améliorer les moyens de transport des voyageurs. Déjà M. Robert vous avait entretenu d'un système de signaux de sécurité, et le sujet à l'ordre du jour actuel, *sur la mise en relation des voyageurs avec les agents pendant la marche du train*, prouve combien tout ce qui touche la sûreté des voyageurs vous préoccupe. Cette préoccupation de votre part n'est que trop justifiée. Un crime récent démontre toute l'opportunité de perfectionner encore le matériel, de manière à donner à chacun la sécurité la plus complète.

« Les sciences appliquées au génie civil ont été également, cette année, l'objet de vos recherches. Vous avez entendu avec un grand intérêt la lecture du travail de M. Desmousseaux de Givré, *sur les milieux et les treillis isotropes*, le mémoire de M. Yvon Villarceau *sur l'application de la théorie des voûtes à l'établissement des ponts en fonte*, la communication de M. Leygue *sur les surcharges d'épreuve à considérer dans les calculs des tabliers métalliques*, l'exposé de M. Jules Armengaud *sur la cinématique appliquée aux métiers à filer*, les considérations de M. Contamin, *sur les grues à contre-poids automoteurs*, les études géométriques de M. Déprez, *sur les appareils de distribution de la vapeur*.

« Nous devons aussi des remercîments à ceux de nos confrères qui ont bien voulu dans de consciencieuses analyses tenir la Société au courant des ouvrages qui lui ont été adressés. Il me suffira pour démontrer l'intérêt qu'elles ont présenté de rappeler le résumé de M. Leloup, sur les documents adressés *par la Société des Ingénieurs civils de Londres*, les développements fournis par M. Flachat, à propos de l'ouvrage de M. Lechatelier, *sur l'emploi de la contre-vapeur*, la récapitulation de M. Benderali des matières traitées dans le livre de M. le Comte de Paris, *les Associations ouvrières en Angleterre*, les analyses de M. Brüll du travail de M. Styff, *sur les propriétés élastiques du fer et de l'acier*, et de l'étude de l'ouvrage de M. Ronna, *sur les industries agricoles*. Enfin, M. Marché vous a exposé les conclusions de M. Haughton, *sur les poids utiles et les poids morts traînés par les locomotives en* 1867, et récemment M. Nordling faisait ressortir à vos yeux toute la valeur de l'ouvrage de M. Weber, intitulé : *Recherches expérimentales faites en Allemagne sur les voies de fer*. Je ne terminerai pas sans mentionner la discussion *sur l'Enseignement technique*, qui a occupé trois de vos séances, à laquelle MM. Flachat, Mony, Tresca, entre autres, ont pris une part brillante et utile. L'importance que vous attachez à cette question est bien motivée. En contact avec une armée de travailleurs, vous savez mieux que personne ce qui reste à faire pour développer une instruction spéciale, de nature à vous créer d'utiles auxiliaires. « *En mécanisant l'ouvrier*, a dit un écrivain célèbre, *on l'a rendu manchot et méchant.* » L'enseignement professionnel aidera à démentir cette sinistre appréciation.

« Laissez-moi, messieurs et chers confrères, avant de céder le fauteuil à mon successeur, vous témoigner mes sentiments pour une bienveillance qui m'a rendu facile une tâche qui m'avait d'abord effrayée. J'emporte, avec le regret de n'avoir pas fait pour notre chère Société tout ce que j'eusse désiré, le souvenir des marques de sympathie dont j'ai été l'objet de votre part, et vous en exprime mes remercîments les plus chaleureux. »

M. Alcan cède le fauteuil de la présidence à M. Vuillemin, qui prononce le discours suivant :

« Messieurs et chers Collègues,

« Ce n'est pas sans émotion que je prends possession de ce fauteuil, si bien occupé par mon prédécesseur. Quoique je n'aie pas sollicité vos suffrages, vous m'avez fait l'honneur de m'appeler à la présidence de notre Société; ce témoignage spontané et presque unanime de sympathie est pour moi la plus haute récompense à laquelle je pouvais aspirer après trente années d'exercice de notre honorable profession : c'est sans doute à cette longue carrière, plutôt qu'à mon mérite, que je dois la faveur de succéder aux éminents Présidents qui se sont assis, avant moi, sur ce fauteuil. Si je n'ai pas la prétention de les égaler par mes connaissances et par mon aptitude à diriger vos discussions, vous pouvez au moins compter sur mon dévouement aux intérêts de notre Société. Permettez-moi, mes chers Collègues, en vous adressant mes sincères remercîments, de réclamer en même temps votre indulgence, si mes efforts restent au-dessous de ce que vous attendez de moi.

« Mon honorable prédécesseur vient de vous rendre compte des travaux de la Société pendant l'année dernière, et de ses progrès incessants, auxquels il a vaillamment contribué; ces progrès se manifestent chaque année par l'augmentation du nombre de nos sociétaires, et par la variété et l'intérêt de nos débats.

« Il ne m'appartient pas de tracer une marche à vos travaux pour l'année qui commence; notre Société est assez solidement constituée pour que l'initiative de ses membres suffise à remplir nos séances; cependant, je crois devoir vous entretenir d'une question qui intéresse au plus haut degré un grand nombre d'entre nous.

« Il y a trois ans, dans son discours d'installation, l'un des plus célèbres et des plus aimés de nos Présidents, M. Flachat, vous disait en énumérant les travaux auxquels vous êtes appelés à prendre part, que les services publics étaient une véritable industrie, l'une des plus fécondes et des plus dignes d'attirer à elle l'activité et les connaissances des Ingénieurs civils. Permettez-moi, mes chers collègues, de vous dire quelques mots d'une nouvelle branche des services publics, qui a déjà été traitée plusieurs fois dans cette enceinte, et qui fera fréquemmment encore l'objet de vos travaux; je veux parler des chemins de fer d'intérêt local. Vos discussions rendront, je n'en doute pas, d'utiles services au pays et seront souvent invoquées dans l'établissement de ces lignes de chemins de fer. Au point de vue technique, votre compétence est incontestable; au point de vue économique, habitués comme vous l'êtes à mettre en regard les dépenses avec les produits, dans les entreprises qui vous sont confiées, à compter en un mot, qui mieux que vous est en mesure d'étudier et de résoudre les diverses questions que comportent l'organisation, la construction et l'exploitation des chemins de fer d'intérêt local ?

« On désigne sous le nom de chemins de fer d'intérêt local, les petites lignes construites économiquement, d'après les principes de la loi du 12 juillet 1865.

« Avant la promulgation de cette loi, les voies ferrées en France avaient été concédées à diverses sociétés ou à de simples particuliers : plusieurs de ces sociétés se sont fusionnées en six groupes, qui forment aujourd'hui les six grandes Compagnies des chemins de fer français, en possession d'un réseau d'environ 21,000 kilomètres. A côté existent diverses Compagnies secondaires, dont le réseau actuel a une étendue d'environ 1,500 kilomètres. La totalité des chemins de fer ainsi concédés s'élève à 22,500 kilomètres. L'ensemble de ce réseau construit à grands frais, mais heureusement dans des conditions qui permettent une énorme circulation de personnes et de marchandises, bien que déjà considérable, est loin de répondre aux besoins d'un pays aussi peuplé et aussi riche que la France. L'immense développement de nos grandes industries, l'accroissement annuel de notre commerce extérieur, et la nécessité pour ces deux branches de l'activité nationale, de lutter avec les pays voisins, depuis l'établissement des traités de commerce, exigeaient impérieusement la construction de nouvelles voies de communication, routes, canaux, chemins de fer. De toutes parts, le Gouvernement était sollicité de donner plus d'extension à nos voies ferrées; mais les grandes Compagnies, en présence des charges qui leur sont imposées, ne se souciaient pas d'agrandir leurs réseaux; les Compagnies secondaires ne pouvaient développer le leur qu'au moyen de très-fortes subventions de l'État. Celui-ci n'étant pas en mesure de satisfaire promptement à toutes les demandes, se trouvait obligé de restreindre l'agrandissement de notre réseau, suivant les ressources du budget. D'ailleurs, l'État ne pouvait-il pas considérer sa tâche comme à peu près terminée après la création des grandes lignes, qui relient entre elles la capitale et les principales villes de l'Empire, lignes que l'on pourrait appeler, pour ainsi dire, réseau impérial de chemins de fer, de même que nous avons un réseau de routes impériales? Était-il nécessaire que le pays entier participât aux dépenses des petites lignes, appelées à desservir des intérêts tout à fait locaux, et n'était-il pas juste que les départements, les communes et les particuliers, seuls intéressés à la construction de ces lignes, y contribuassent, sinon pour la totalité, au moins pour la majeure partie des dépenses?

« Il s'agissait donc de trouver les moyens de créer rapidement un réseau vicinal de chemins de fer, par analogie aux routes départementales et aux chemins de grande communication établis par les départements et les communes; tel est l'objet de la loi du 12 juillet 1865.

« D'après cette loi le Conseil général, sur la proposition du Préfet, arrête la direction des chemins de fer d'intérêt local, le mode et les conditions de leur établissement, ainsi que les traités de concession et d'exploitation. Les ressources financières sont fournies par le département, les communes et les particuliers, et par des subventions de l'État qui peuvent s'élever au tiers ou au quart de la dépense totale laissée à la charge du département et des intéressés.

« Le mode d'organisation des lignes d'intérêt local est assez variable; tantôt les départements les construisent eux-mêmes et cèdent l'exploitation à une Compagnie voisine; tantôt les départements accordent la concession à une Compagnie qui se charge de la construction et de l'exploitation, en remettant à cette Compagnie les ressources financières créées pour cet objet.

« D'autres fois, il se forme de petites Compagnies locales qui prennent la concession, en complétant les ressources créées par le département, et qui traitent avec

une grande Compagnie voisine, soit pour la construction et l'exploitation, soit pour l'exploitation seulement. Enfin, le chemin peut être concédé sans aucune subvention, mais en octroyant des tarifs relativement plus élevés pour le transport des marchandises.

« Il est certain que cette loi aura pour effet d'activer la création de notre réseau départemental de chemins de fer ; mais la mise en train a été lente, car, à la fin de l'année 1867, la longueur des lignes concédées par neuf départements ne s'élevait qu'à 680 kilomètres. Cette longueur s'est accrue de 320 kilomètres en 1868, ce qui porte la longueur totale concédée par 18 départements à 1,000 kilomètres seulement vers le commencement de l'année 1869; la longueur exploitée s'élève à peine à 150 kilomètres. Mais aujourd'hui l'élan est donné; de tous côtés surgissent des projets; le nombre des lignes concédées est déjà considérable. On n'évalue pas à moins de 20,000 kilomètres l'étendue du réseau à construire. C'est une mine féconde d'études et de travaux pour un grand nombre de membres de notre Société, et beaucoup de jeunes Ingénieurs civils pourront trouver, dans la direction de ces petites lignes, une position honorable et fructueuse.

« Mais la question des chemins de fer d'intérêt local offre encore, à un autre point de vue, matière à des discussions techniques qui rentrent tout à fait dans le cadre de nos séances : il s'agit de la construction et de l'exploitation proprement dites.

« L'importance, la nature et le sens du trafic étant déterminés, et les ressources financières créées, il faut faire choix du tracé et de la voie. Le chemin sera-t-il à voie étroite, ou à voie ordinaire de $1^{m},50$? Vous vous êtes déjà occupés de cette question, et vous vous rapelez sans doute les communications qui vous ont été faites à ce sujet pendant l'année 1868, et les intéressants débats auxquels ont pris part MM. Flachat, Nordling, Richard, Molinos, Mathieu, Love et plusieurs d'entre vous. Il y a les partisans de la voie large et ceux de la voie étroite. Il ne me paraît pas possible d'établir *à priori* des règles pour la détermination de la largeur de la voie, et la solution ne peut être trouvée, pour chaque cas particulier, qu'après de minutieuses études, suivant l'importance du trafic et les fonds dont on peut disposer.

« Il faut bien le reconnaître cependant, il existe parmi les populations peu de sympathie pour la voie étroite; les chemins de fer d'intérêt local devant être, pour la plupart, reliés soit entre eux, soit aux grands réseaux, le public considérerait ses intérêts comme lésés, si on ne construisait tout d'abord les lignes départementales entièrement semblables à celles des grandes compagnies.

« La voie de $1^{m},50$ semble donc être appelée à obtenir la préférence, lorsque le chemin d'intérêt local se relie à une ligne des grandes Compagnies ou des Compagnies secondaires; il ne peut y avoir d'hésitation lorsque le chemin d'intérêt local est appelé à desservir des localités importantes, très-peuplées, un gros trafic, ou lorsqu'il sert de trait d'union entre deux branches d'une grande ligne. D'un autre côté, il peut arriver, et le cas se présentera souvent, que telle ligne de chemin de fer d'intérêt local, d'abord isolée, soit rattachée dans la suite par une ou même par ses deux extrémités aux grandes lignes, et, si dès le début on n'avait pas adopté la voie de $1^{m},50$, ou au moins tout disposé pour la recevoir, on le regretterait un jour.

« En outre, c'est peut-être une illusion, mais bon nombre de petites Compagnies se forment avec l'espoir que tôt ou tard leur ligne sera reprise par les grandes Compagnies voisines; toute chance de fusion serait écartée avec la voie étroite. Enfin, avec la voie de $1^{m},50$, les petites Compagnies de chemins de fer d'intérêt local trou-

vent à traiter pour l'exploitation avec les grandes Compagnies, qui leur fournissent le personnel et le matériel, ou lorsque les petites Compagnies exploitent elles-mêmes au lieu de construire un matériel spécial qui absorberait une partie des fonds destinés à la construction de la ligne, elles louent aux grandes le matériel qui leur est nécessaire.

« Le transbordement a été discuté plusieurs fois dans nos séances. Bien que par des dispositions spéciales on puisse en réduire les frais à un chiffre très-bas, il n'en pèse pas moins lourdement sur le transport de certaines matières de faible valeur, telles que les terres, la chaux, les pierres, les minéraux, les houilles, etc; c'est un grief de plus contre la voie étroite.

« Vous le voyez, il y a bien des motifs en faveur de la voie de 1m.50. Les chemins à petite voie semblent plutôt destinés à desservir les intérêts particuliers, les usines, les carrières, les mines, etc... Je n'ai pas besoin de vous rappeler les avantages qu'ils présentent sous le rapport de l'économie et des facilités de leur construction. Aussi, il existe déjà un grand nombre de ces chemins particuliers, construits la plupart en dehors de toute prescription légale; souvent l'administration s'est prêtée avec bienveillance à leur établissement sur le bord des routes. Mais il n'existe pas encore en France de chemin de fer à petite voie faisant un service public pour le transport de voyageurs et de marchandises. Il est donc vivement à désirer que la construction de plusieurs petites lignes à voie étroite soit réalisée pour des services publics, et que l'expérience vienne confirmer les bons résultats que l'on est en droit d'attendre de l'exploitation de ces voies économiques.

« La largeur de la voie étant adoptée, il faut procéder au tracé définitif et à l'exécution. La loi de 1865 laisse une grande latitude à cet égard, surtout en ce qui concerne les courbes et les rampes. En pratique, les premières peuvent descendre jusqu'à 150 mètres de rayon et les secondes s'élever jusqu'à 30 et 35 millimètres, pour la voie de 1m,50 : pour la voie étroite, les rayons des courbes peuvent descendre jusqu'à 80 ou 100 mètres; mais en ce qui concerne les rampes, il serait peu prudent d'adopter, pour un chemin destiné à un service public, des rampes supérieures à 30 millimètres, car la puissance disponible des machines serait trop restreinte, et ce n'est qu'en multipliant les trains, et à grands frais qu'on parviendrait à *remorquer* un trafic de quelque importance.

« Le poids des rails a fait aussi l'objet de vos études; sous le rapport de l'économie de la construction, un rail capable de porter la charge maximum d'un essieu de wagon évaluée à 7 1/2 ou 8 tonnes, est regardé comme suffisant; quelques ingénieurs adoptent des poids de 22 à 25 kilog., d'autres préfèrent celui de 30 kilog. en économisant une traverse par rail.

« Pour la voie étroite, dont la largeur ne devrait pas dépasser 1 mètre à 1m,10, car au delà elle se rapprocherait trop de la voie de 1m,50 pour que la préférence ne fût pas donnée à celle-ci, le poids du rail doit être en rapport avec les pentes, d'après lesquelles on calcule la puissance et par suite le poids des moteurs; aucune règle ne peut être formulée à cet égard; le poids de ces rails peut varier de 15 à 25 kilog.

« Après l'établissement des lignes principales de nos grands réseaux, dont on s'est efforcé de niveler le profil au prix de grandes dépenses en limitant les rampes à 6 ou 8 millimètres, et en adoptant des courbes de grand rayon, les ingénieurs se sont appliqués avant tout, et avec raison, à réduire les dépenses de construction des lignes secondaires; on n'a cherché, pour ainsi dire, qu'à effleurer le terrain pour poser des voies, sans se préoccuper beaucoup de l'exploitation. L'idée d'économie doit certai-

nement, sinon prédominer, du moins éveiller toute la sollicitude de l'ingénieur dans l'établissement d'un chemin de fer d'intérêt local; le capital employé aux travaux doit être restreint de telle manière que les intérêts n'absorbent qu'une faible partie des produits et laissent une marge suffisante pour les frais d'exploitation; mais on ne doit pas perdre de vue l'exploitation, but final de l'entreprise. On peut admettre jusqu'à un certain point que le département et ses associés, satisfaits des avantages que doit leur procurer la nouvelle voie de communication, n'espèrent pas retirer de rémunération des capitaux consacrés à son établissement, ainsi que cela a lieu pour les routes départementales, mais il ne peut en être de même pour la Compagnie exploitante; il faut que celle-ci, non-seulement recouvre ses dépenses journalières, mais il faut aussi qu'elle ait l'espoir d'une rémunération suffisante de ses capitaux.

« Or, le tracé peut avoir la plus grande influence sur les dépenses de l'exploitation; la répartition des rampes et des pentes ne doit pas être arbitraire, elle doit être étudiée avec soin. Sagement distribuées et accumulées sur une partie de la ligne, les rampes même fortes rendent l'exploitation moins coûteuse que disséminées indistinctement sur toute la longueur, lors même qu'elles sont réduites à un chiffre plus bas. Sans doute il est des cas où la configuration du terrain ne permet pas une semblable répartition des rampes, mais dans beaucoup d'autres, on peut, au moyen de quelques dépenses supplémentaires, atteindre ce but.

« L'étude du tracé des chemins de fer d'intérêt local, dont les produits sont généralement faibles, est une opération des plus importantes, qui rentre tout à fait dans les attributions de l'ingénieur, dont elle doit exercer toute la sagacité, car souvent le succès de l'entreprise en dépendra.

« L'ingénieur qui se livre à cette étude doit aussi se préoccuper du matériel, et surtout des machines. La longueur des lignes d'intérêt local est en général peu considérable; les machines-tenders à 2 ou 3 essieux accouplés sont principalement adoptées; leur poids varie, suivant la force des rails, entre 10 et 20 tonnes, pour la voie étroite, et entre 20 et 25 tonnes, en service pour la voie de 1m,50. Ces machines peuvent desservir des lignes dont les rampes s'élèvent jusqu'à 20 ou 25 millimètres; mais au delà, si le trafic est important dans le sens de l'ascension des rampes, et si on ne veut multiplier outre mesure le nombre des trains, ou recourir à l'emploi coûteux de 2 machines, le type ci-dessus serait insuffisant, et il faut adopter résolûment les machines à 4 essieux accouplés.

« Messieurs, ce n'est pas un paradoxe de voir les plus puissantes locomotives, employées jusqu'ici par les grandes compagnies pour satisfaire aux exigences de leur énorme trafic, appelées aussi à desservir, dans bien des cas, et avec avantage, des chemins d'intérêt local. Car si d'un côté on augmente les résistances que les machines ont à vaincre, et si de l'autre on réduit, suivant la force des rails, la charge sur les roues, il faut bien augmenter le nombre de ces dernières. On arrive ainsi à un type de machines-tenders à 4 essieux accouplés dont le poids sur chacun d'eux peut varier de 7 à 8 tonnes pour les rails de 22 à 25 kilog., jusqu'à 12 tonnnes 1/2 pour des rails de 35 à 38 kilog. Le passage de ces machines, au moyen d'artifices assez simples, dans des courbes de 180 à 200 mètres de rayon, ne donne lieu ni aux difficultés, ni à un entretien aussi élevé de bandages, qu'on l'avait d'abord supposé. Quelques constructeurs de locomotives et certaines Compagnies de chemins d'intérêt local ont adopté, non-seulement les machines à 4 essieux accouplés pour les trains de marchandises, mais aussi des machines mixtes à 4 essieux, dont deux accouplés pour les trains mixtes.

« La construction du matériel roulant, locomotives, voitures et wagons, ouvre un vaste champ aux études des ingénieurs civils; il y a là des problèmes intéressants à résoudre, surtout pour les locomotives destinées à desservir les chemins à voies étroites, dans lesquelles il s'agit de créer une grande puissance sur un espace très-restreint.

« Le décret de concession d'un chemin de fer d'intérêt local exige au préalable l'engagement contracté avec une Compagnie pour l'exploitation de la ligne concédée : la forme de ces traités est variable. Tantôt le département, après avoir construit la ligne, en confie l'exploitation à une Compagnie voisine, tantôt il traite avec une petite Compagnie pour la construction et l'exploitation; quelquefois celle-ci se borne à construire la ligne et traite avec une autre Compagnie pour l'exploitation ou seulement pour la traction.

« L'exploitation d'un petit nombre de chemins de fer d'intérêt local est encore trop récente pour qu'il soit possible d'en apprécier les résultats. On a souvent parlé des chemins d'Alsace, dont les produits faibles au début n'étaient pas en rapport avec les frais d'exploitation; mais en quatre ans, les recettes ont monté en moyenne de 7000 à 8800 fr. par kilomètre, soit une augmentation de 25 p. 100, et l'accroissement continue. On ne peut d'ailleurs comparer l'exploitation de ces lignes, soumises à toutes les charges et à l'abaissement des tarifs des grandes Compagnies, à ce qu'on est en droit d'attendre d'une exploitation organisée économiquement sur un chemin d'intérêt local. Cependant, en adoptant le chiffre très-réalisable de dépenses d'exploitation de 2 fr. par train kilométrique, on trouverait pour une petite ligne d'intérêt local, de 20 à 30 kilomètres de longueur, desservie par trois trains dans chaque sens, 4380 fr. par kilomètre; et en ajoutant l'intérêt et l'amortissement à 8 p. 100 du matériel roulant, évalué à 7000 fr. par kilomètre, la dépense se monterait à environ 5000 fr. par kilomètre pour un chemin à voie de $1^{m},50$. Dans ces limites, bien qu'il y ait à ajouter une certaine somme pour le renouvellement de la voie, et en supposant l'abandon gratuit aux concessionnaires de tout ou partie des fonds votés par le département et par les communes, l'exploitation, sagement conduite, d'un grand nombre de chemins de fer d'intérêt local d'un produit de 7000 à 8000 fr. par kilomètre, peut laisser une certaine rémunération aux capitaux.

« Messieurs, ce n'est pas aujourd'hui le moment d'entrer dans des détails relatifs aux évaluations des dépenses de constructions, à leurs rapports avec les produits probables, au choix de la voie et du matériel, et à l'organisation de l'exploitation des chemins de fer d'intérêt local. Ces questions ont déjà été traitées dans plusieurs mémoires et communications de membres de notre Société, et doivent faire encore l'objet de vos discussions. J'ai voulu me borner à vous signaler leur importance et à vous exprimer ma confiance qu'une large part dans cette branche de travaux publics est réservée au corps des Ingénieurs civils. Il sera très-intéressant de connaître le prix de revient des lignes déjà construites, à grande ou à petite voie, leurs produits et les dépenses d'exploitation. J'espère que ceux de nos collègues qui se sont occupés de ces travaux voudront bien nous en donner communication. Pour mon compte, je me ferai un devoir de transmettre à la Société les renseignements, que ma coopération à l'exploitation de quelques lignes d'intérêt local me mettra à même de recueillir.

« Vous trouverez peut-être que les questions relatives aux chemins de fer en général occupent une trop grande place dans les travaux de notre Société; ce reproche n'est pas sans fondement, mais ces voies de communication touchent à tant d'in-

térêts que nous sommes pour ainsi dire entraînés à nous en occuper malgré nous : la prospérité de la fortune publique et des particuliers est liée à celle des chemins de fer. Il est peu d'industries dont celle des chemins de fer ne soit tributaire, et qui ne lui doivent leur développement, et bon nombre leur existence ; la métallurgie lui fournit ses fers, ses aciers et ses cuivres ; l'agriculture, ses bois et ses matières grasses ; nos ateliers de construction, ses locomotives, ses outils et son matériel roulant ; les mines et les carrières, le combustible et les matériaux de construction ; le tissage, ses draps et ses toiles, etc. L'élégance des ouvrages d'art et des bâtiments, la précision qu'exigent les machines et les appareils de chemins de fer ont aussi exercé leur influence salutaire sur la construction des édifices et des bâtiments particuliers, et sur les travaux mécaniques en général. Je n'ai pas besoin de vous rappeler les avantages qu'offrent les chemins de fer à toutes les industries pour la circulation rapide et économique des personnes et des marchandises ; ce serait de la banalité.

« Cependant, Messieurs, les chemins de fer, quelle que soit leur importance, ne doivent pas détourner notre attention des autres branches d'industrie et de travaux publics ; la métallurgie, les mines, la navigation, l'agriculture, l'éclairage public, la distribution d'eau dans les villes, le tissage, etc., qui font l'objet principal des travaux des Ingénieurs civils, méritent aussi toute notre sollicitude ; j'engage donc ceux de nos collègues qui s'occupent spécialement de ces industries à entretenir fréquemment la Société de leurs travaux : j'ai la certitude que nos discussions sur ces matières seront toujours à la hauteur des progrès qui s'accomplissent chaque jour.

« Encore un mot pour terminer. Vous avez tous appris la nomination de M. Chevandier de Valdrôme au Ministère de l'intérieur.

« M. Chevandier de Valdrôme est un élève de l'École centrale et l'un des plus anciens membres de la Société des Ingénieurs civils. Quoique mêlé depuis longues années d'une manière si active à nos débats politiques, M. Chevandier de Valdrôme n'a pas cessé de consacrer son temps aux questions économiques et industrielles, comme administrateur d'une grande Compagnie de chemin de fer, comme directeur d'une manufacture de glaces, etc., et tout récemment comme président d'une Compagnie de chemin d'intérêt local, établi sous son habile direction, avec les idées de sages économies, dont je viens d'essayer de vous donner un aperçu.

« La Société ne peut qu'être honorée de compter dans son sein un membre aussi distingué, et je pense être son interprète en adressant nos félicitations à notre éminent collègue. »

M. le Président donne la parole à M. Banderali, pour la lecture de sa communication sur la mise en relation des voyageurs avec les agents des Compagnies, pendant la marche des trains, en Angleterre.

M. Banderali expose la situation dans laquelle se trouvent aujourd'hui les Compagnies de chemins de fer anglais, au point de vue spécial de l'intercommunication dans les trains en marche.

Au moment où cette question, à l'étude depuis vingt-trois ans, paraît avoir reçu en Angleterre une solution, sinon absolument définitive, au moins assez satisfaisante pour avoir été presque unanimement acceptée, M. Banderali ne croit pas sans intérêt de retracer l'historique des essais et travaux faits jusqu'à ce jour chez nos voisins, et de décrire les deux procédés exclusivement acceptés par le Gouvernement anglais.

Dès 1847, la Commission du contrôle des chemins de fer adressa une circulaire aux Compagnies, pour leur recommander de loger dans une guérite placée soit à l'arrière du tender, soit dans le fourgon de tête, un gardien spécialement chargé de surveiller le train en marche et pouvant faire agir un sifflet sur la machine. Telle est l'origine des premières précautions, dont une partie est encore usitée aujourd'hui.

Successivement, les conducteurs furent commodément installés dans des guérites spacieuses, à plancher exhaussé, prélevées sur l'intérieur du fourgon même, et fermées par des châssis vitrés sans grillage ; elles permettent une surveillance vraiment efficace, au moins en temps clair et pendant le jour, sur le train entier.

En 1852, la circulation sur les marchepieds fut reconnue comme dangereuse, et surtout comme devant faciliter les fraudes, les vols et les attentats.

En 1853, la question de mettre le conducteur en communication avec les voyageurs fut soulevée pour la première fois, mais on décida qu'on ne la résoudrait que lorsqu'une loi sévère punirait les arrêts sans motifs. En même temps, le Comité directeur des chemins de fer mit à l'étude la communication dans les trains, pour les agents seulement, et, prolongeant ses recherches minutieuses, ses essais, ses expériences jusqu'à l'année 1869, il est arrivé à porter un jugement, auquel aucune des conditions de maturité et de réflexion n'a pu manquer.

Jusqu'en 1864, il ne fut rien trouvé de mieux que le vieux système *de la corde et du timbre*. Quelques essais isolés d'électricité étaient restés sans résultat.

En 1864, le Gouvernement recommanda aux Compagnies de s'occuper de mettre les voyageurs en communication avec les agents. Le problème de l'intercommunication se posait dans toute son étendue.

Le comité du Clearing-House s'entoura de tous les renseignements possibles, fit des essais suivis, examina près de 200 systèmes et interrogea une foule d'inventeurs et de personnes compétentes.

Aidé par les Compagnies, par le contrôle, il arriva à faire surnager de cette étude deux systèmes : celui de la corde et du timbre, perfectionné par M. Harrison, et essayé sur le *North-Eastern Railway*, et celui de l'électricité qui avait été appliqué successivement par M. Walker sur le *South-Eastern*, M. Preece, sur le *South-Western*, et M. Martin, sur le *North-Western*.

Le colonel Yolland, inspecteur général du contrôle, fit un rapport concluant, qui fut distribué aux Chambres, et une loi parut le 10 juillet 1868, qui forçait les Compagnies à appliquer un moyen de communication efficace, puisqu'il semblait démontré qu'il en existait.

Il fallut une nouvelle série d'expériences pour amener les Compagnies à s'entendre.

M. Banderali décrit les essais qui eurent lieu à York, en novembre 1868, et dont le résultat fut l'adoption du système de la corde de M. Harrison, sur presque toutes les lignes. La Compagnie du *South-Eastern* seule, qui appliquait depuis longtemps le système électrique de M. Walker, fut autorisée à en étendre l'application.

En tout cas, la communication n'est obligatoire que dans les trains express, parcourant plus de 32 kilomètres sans arrêt.

M. Banderali décrit le système Harrison.

L'objection principale qu'on puisse faire à ce système économique et simple, est la difficulté d'agir, lorsque le train a une grande longueur ; le système n'est évidemment pas indépendant de la longueur des trains.

Le système électrique de M. Walker est tout à fait général, et on n'a pu encore articuler contre ce système, de même que contre tous les systèmes électriques analogues, d'autre objection que celle de la délicatesse de l'agent électrique; la pratique et l'expérience auront raison de cette objection.

M. Banderali décrit le système de M. Walker, qui répond à toutes les données du problème. Il termine sa communication en attirant l'attention de la Société sur le soin tout spécial avec lequel la Compagnie du *South-Eastern* a installé ce système sur sa ligne, et surtout en a facilité l'application, en instruisant convenablement les agents qui sont chargés de le faire manœuvrer; ceux-ci s'intéressent réellement au bon fonctionnement d'un appareil qu'ils se sont donné la peine de comprendre.

M. Bonnaterre présente deux objections, tendant à établir l'avantage du système Prud'homme, appliqué à la Compagnie du Nord, sur le système Walker, décrit par M. Banderali. D'abord le circuit est complet, ce qui rend indifférent le sens de l'attelage, d'autre part on peut communiquer à l'arrière du train comme à l'avant.

M. Banderali craint de n'avoir pas été suffisamment clair dans la description du système Walker et fait remarquer, d'après le dessin même, que le retournement bout par bout des voitures ne présente, dans les appareils Walker, aucune complication. Le circuit est tout aussi complet dans le système Walker que dans le système français; on peut communiquer dans toutes les parties du train. M. Banderali fait observer, en outre, qu'il n'a voulu parler que des systèmes anglais, mais que, cependant, du moment où la question de comparaison est posée, il reconnaîtra au système Prud'homme le seul avantage de faire marcher automatiquement la sonnerie par rupture du train. Quant à la valeur de l'appareil Walker, sur 4,000 essais il n'a failli que dix fois; il est donc très sûr en même temps que très simple.

M. Tardieu demande comment se fait la jonction des fils dans l'appareil Harrison.

M. Banderali indique que la jonction ne règne que sur un seul côté, celui de l'entre-voie.

M. Maldant demande quels sont les résultats obtenus en Angleterre pour les transmissions où l'air comprimé jouait le rôle de véhicule.

M. Banderali répond que la Commission anglaise a expérimenté tous les systèmes et n'a trouvé pratiques que ceux de la *corde* ou de l'*électricité*.

M. Vidard pense que les dépenses que nécessite l'installation des appareils de sûreté, quels qu'ils soient du reste, ne sont pas en rapport avec les avantages qu'on en retire.

M. Mayer demande comment se fait la réunion des fils pour les trains mixtes, dans le système Harrison.

M. Banderali indique une transmission par poulies de renvoi.

M. Maldant croit que, pour la transmission des signaux, le principe de l'air comprimé est au moins aussi bon que celui de la corde ou de l'électricité. Il s'étonne qu'en Angleterre on ait condamné ou au moins abandonné les systèmes à air.

M. le Président répond que deux systèmes sont en essai, l'un à l'Est, l'autre à Lyon. Celui de Lyon répond à tout ce qu'on peut attendre : communication des agents entre eux, des voyageurs avec les agents, sifflet, signaux à l'arrière et à l'avant, signaux par rupture d'attache; tandis que celui de l'Est n'établit que la communication des agents entre eux, et des voyageurs avec les agents.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. Banderali de son intéressante communication, qui sera insérée dans l'un des bulletins trimestriels.

M. LE PRÉSIDENT donne communication d'une lettre de M. Collibraut, secrétaire de la Chambre d'agriculture de Mortain (Manche), dans laquelle il est demandé à la Société des détails sur la taille du granit à la mécanique.

Séance du 21 Janvier 1870.

Présidence de M. VUILLEMIN.

Le procès-verbal de la séance du 7 janvier est adopté.

Il est procédé à l'élection d'un membre du Comité en remplacement de M. Léonce Thomas, décédé; M. Richard, ayant obtenu la majorité, est proclamé membre du Comité pour l'année 1870.

M. LE PRÉSIDENT donne communication d'une lettre de M. Jules Gaudry, qui demande de remplacer dans la séance du 3 décembre, page 218, ligne 43, la phrase suivante : *Le frein Stilman et le frein automoteur de Dorré et Lefèvre sont les plus employés*, par celle-ci : *Les freins Stilman sont appréciés et le nouveau système automoteur de Dorré et Lefèvre est admis à entrer en service.*

M. J.-J. MEYER adresse une lettre par laquelle il demande à faire prochainement une communication se rattachant à la question des chemins de fer d'intérêt local; quant à présent, il désire appeler l'attention de la Société sur son type de machines à deux trains de six roues couplées, qui auraient sur les machines à huit roues couplées l'avantage d'être de 50 p. 100 plus puissantes à raison de 7 à 8 tonnes par essieu comme ces dernières, et de pouvoir circuler avec facilité dans des courbes d'un rayon inférieur à 150 et 120 mètres.

Avec ces machines, on pourrait réduire, dans une proportion au moins égale à celle de l'augmentation de puissance des machines, le nombre des trains; et, pour les lignes à construire, adopter des rampes de 40 à 45 millimètres sans augmenter le nombre des trains et avec des courbes de 120 mètres de rayon.

L'ordre du jour appelle la Communication de M. Alfred Durand-Claye, ingénieur des Ponts et chaussées, du service municipal, sur l'utilisation des eaux d'égouts de la ville de Paris.

M. ALFRED DURAND-CLAYE rappelle que la question de l'assainissement de Paris est relativement toute nouvelle. En 1850, il n'y avait que 130 kilomètres d'égouts; Paris en possède aujourd'hui 600 kilomètres.

(On n'a pu reproduire dans ce compte rendu les dessins et diagrammes faits sur le tableau, et les personnes qui désireraient plus de renseignements sont priées de se reporter au rapport spécial imprimé, déposé dans les archives de la Société.)

Voici quel est le tracé général des collecteurs où viennent se réunir tous les égouts secondaires :

COLLECTEUR DE LA RIVE GAUCHE.	COLLECTEUR DE LA RIVE DROITE.
Jardin des plantes.	Place du Châtelet.
Boulevard Saint-Germain.	Quais.
Boulevard Saint-Michel.	Rue Royale.
Quais.	Boulevard Malesherbes.
Syphon de l'Alma (sous la Seine).	Route d'Asnières.
Traversée de la butte de l'Étoile.	A 500 mètres de son embouchure, ce collecteur reçoit celui de la rive gauche.
Levallois.	
Clichy.	

Un troisième collecteur dit départemental descend le versant nord de Montmartre, La Chapelle, Belleville et Saint-Denis ; il débouche en amont du canal, et son tracé est le suivant : boulevards extérieurs, traversée du canal de l'Ourcq, rue Militaire, route de Saint-Denis. Ce collecteur reçoit les eaux vannes de Bondy.

Les études faites sur les eaux d'égout se divisent naturellement en deux parties : l'étude du régime des collecteurs et le système de l'épuration et utilisation des eaux.

Des jaugeages ont été faits d'une façon continue depuis plus de deux ans. Le résultat général a été :

Clichy,	débit de 2^{mc}.50 par seconde,	soit 220,000^{mc} par jour.
Saint-Denis, débit de	0 .50 par seconde,	soit 40,000 par jour.
Total.....	3^{mc}.00	260,000^{mc}.

C'est presque 1/20 du débit de la Seine au niveau de l'étiage.

Le relevé des débits heure par heure à Clichy a montré qu'il se produisait un maximum, vers 11 heures du matin, dont la moyenne annuelle a été, en 1869, 3^{m},23, et un minimum, vers 1 heure du matin, dont la moyenne pour la période correspondante a été 1^{m},62. Ceci s'explique par les dispositions du service public de la distribution des eaux, les arrosages de la voie publique se faisant de 8 h. à 10 h. et de 1 h. 1/2 à 3 h. 1/2.

A Saint-Denis, un fait du même genre a été remarqué.

Quant à l'influence des saisons, elle est très-sensible, à cause des pluies en hiver et de l'importance de l'évaporation en été. Le maximum de débit, 260,000^{mc} par jour à Clichy, a eu lieu en mars et mai 1869, le minimum, 172,000, en juillet, alors qu'on observait quelquefois 50° au soleil.

La détermination de la composition chimique était importante au point de vue de la connaissance de l'altération de la rivière et de la recherche de l'utilisation agricole. C'est ici que se présenta une très utile intervention du laboratoire de l'École des Ponts et chaussées (directeur, M. Hervé-Mangon, directeur-adjoint, M. Léon Durand-Claye).

Voici quels ont été les *résultats généraux* des analyses :

	CLICHY	1867-1868.	1869.	
Composition chimique.	Azote par mètre cube....	37gr	43	D'une année à l'autre, diminution des matières suspendues inertes, sable ou autres, mais constance et même enrichissement des éléments utiles.
	Autres matières organiques.	110	157	
	Acide phosphorique.....	15	17	
	Potasse.....	30	35	
	Autres matières minérales.	1,948	1,448	
	Total.....	2,800	2,300	
Composition physique.	Matières suspendues...	2,000	1.15	
	Matières dissoutes.....	0,800	1.15	

Il est à remarquer que d'après les valeurs respectives des éléments essentiels, 130 à 140 mètres cubes d'eau d'égout sont à peu près l'équivalent de 1000 kil. de fumier tant au point de vue de l'azote que de l'acide phosphorique ou de la potasse. L'eau d'égout est donc une sorte de *fumier liquide.*

Pour le collecteur de Saint-Denis, la richesse est encore plus considérable : le total des impuretés est de 3k,50, dont 140 gr. d'azote et 1k,50 de matière organique.

Si l'on applique les prix du commerce aux quantités d'engrais roulées par les collecteurs, et comptant l'azote à 2 fr., la potasse à 0 fr. 60 et l'acide phosphorique à 0 fr. 40, le mètre cube d'eau de Clichy vaudrait 0 fr. 11 et celui de Saint-Denis 0 fr. 35. Soit en tout 14 millions de francs par an, dont 6 pour le limon et 8 pour les matières dissoutes.

Il va sans dire que cette évaluation est purement théorique et faite ici simplement à titre spéculatif.

Il faut citer un fait remarquable, c'est celui de la température des eaux d'égout; il se passe là quelque chose d'analogue aux faits observés dans les caves : en hiver, l'eau est de 4 à 5° plus chaude, et en été elle est plus froide que celle de la Seine.

Après avoir donné ces renseignements généraux, M. A. Durand-Claye expose que la concentration de toutes les eaux d'égout en un ou deux points, a promptement amené une double conséquence, qui se traduit aujourd'hui pour la ville de Paris par des difficultés administratives et même financières.

1° Les matières solides entraînées par les eaux d'égout se déposent en grande masse au débouché des collecteurs et constituent des bancs considérables d'alluvions fermentescibles. En 1849, l'administration municipale payait 9000 fr. par an au service de la navigation de la Seine pour frais spéciaux de dragage nécessités par les envasements produits aux bouches d'égout; en 1869, la subvention payée à l'État de ce chef dépasse 100,000 fr.

2° Les impuretés diverses qui sont vomies par les deux collecteurs restent concentrées sur le bras droit de la Seine et produisent une pollution incontestable sur plusieurs kilomètres de développement. C'est ainsi que l'analyse chimique a appris que l'eau de Seine, en amont du collecteur de Clichy, renferme environ 1k,5 d'azote par mètre cube; en face de la bouche du collecteur, la dose d'azote est de plus de 30 gr.; entre Clichy et Saint-Denis, on trouve moyennement 2k,5 et au delà de Saint-Denis 3k,5; les analyses se sont arrêtées à 9 kil. environ de Clichy sur le bras droit. A cette même distance sur le bras gauche, on a retrouvé 1k,5 seulement d'azote, identiquement comme sur le bras droit avant l'altération produite par les égouts.

Sans trancher une question de droit fort délicate, il convient donc de reconnaître que l'effet do concentration des eaux impures est bien sensible, au moins sur une des rives de la Seine, et la ville de Paris a eu parfaitement raison d'aborder de suite le problème de l'assainissement du fleuve.

M. l'Ingénieur en chef Mille, aujourd'hui à la tête du service des eaux d'égout, a été le premier chargé par l'administration d'études sur ce point important. Il s'est rendu successivement à Édimbourg, Milan, Valence. Il a été frappé des résultats obtenus par l'emploi agricole direct des eaux d'égout; à Édimbourg et à Milan, il a vu de riches prairies cultivées par ces eaux; à Valence, il a trouvé un emploi agricole plus relevé; il a vu la fameuse Huerta couverte de légumes et arrosée par les eaux du Rusafa qui entraîne les déjections d'une ville de plus de 100,000 âmes. M. Mille est revenu avec cette conviction intime que le meilleur moyen d'épurer la rivière était de consacrer les eaux d'égout à la culture, de ne pas s'en tenir exclusivement aux prairies, mais d'aborder au besoin les légumes, dont le placement est toujours si avantageux aux environs d'une grande ville.

Partant de cette donnée, M. Mille esquissa un avant-projet dans lequel les eaux des collecteurs, relevées par les machines convenables, venaient arroser une partie des environs de Paris et spécialement la presqu'île de Gennevilliers et la vallée de Montmorency. Ce projet rencontra un certain nombre d'objections : les unes peuvent au besoin être traitées de puériles; elles portaient sur la qualité comestible des produits pour lesquels on redoutait une saveur spéciale. Les autres étaient plus sérieuses et se résumaient ainsi : il faut un certain temps pour transformer les habitudes des cultivateurs et leur faire adopter l'irrigation à l'eau fertilisante; de plus, les vicissitudes des saisons et les nécessités mêmes de la culture ne permettent peut-être pas de compter sur une distribution continue de la totalité des eaux d'égout. Dans l'un et dans l'autre cas, que fera-t-on des eaux élevées et non consommées? Rejettera-t-on simplement ces eaux en rivière sans les utiliser ou les épurer et en reportant plus loin tous les inconvénients constatés aujourd'hui à Clichy ou à Saint-Denis!

La question en était là, lorsque M. l'Ingénieur en chef des Mines Le Châtelier la reprit à un point de vue tout différent : il revint à la méthode d'épuration chimique, qui jusque-là n'avait donné que des résultats peu favorables, dus en grande partie à la complication des appareils épurateurs. A la suite de recherches faites au laboratoire des Ponts et chaussées, de concert avec M. l'Ingénieur Léon Durand-Claye (aîné), M. Le Châtelier proposa l'emploi du sulfate d'alumine; ce produit, en présence des matières alcalines contenues dans les eaux d'égout, se décompose et donne un précipité gélatineux d'alumine qui réunit par un véritable *collage* toutes les matières solides et les entraîne au fond des voies et des bassins où l'on opère.

M. Durand-Claye reproduit l'expérience sous les yeux de l'assemblée, qui peut constater bientôt l'épuration très nettement caractérisée.

L'administration municipale pensa qu'il convenait d'essayer en grand l'épuration que proposait M. Le Châtelier; du même coup, il était intéressant de vérifier si les assertions étaient exactes, si les eaux des collecteurs étaient capables sous le climat parisien de produire des récoltes satisfaisantes, tout en sauvegardant les intérêts de la salubrité. Le service d'essai des eaux d'égout fut créé : un champ d'un hectare 1/2 de superficie fut loué à Clichy à 400 ou 500 mètres de la bouche de l'égout; une petite locomobile monta chaque jour 500 mètres cubes d'eau puisée dans le collecteur, et permit dans les années 1867-1868 d'expérimenter les deux procédés avec un cube total de plus de 200,000 mètres.

Les dispositions adoptées dans le champ d'essai de Clichy furent des plus simples Pour la partie agricole, des rigoles de quelques centimètres de profondeur alimentaient des *raies* ménagées entre des *billons*, sur le sommet desquels poussaient les plantes, sans que les feuilles fussent jamais touchées par le liquide fertilisant; des mottes de gazon ou de petites planchettes arrêtaient ou rétablissaient l'écoulement. Pour l'épuration, des bassins de 30 mètres de long, 10 mètres de large et 2 mètres de profondeur étaient creusés dans le sol; un barrage les terminait en aval; l'eau avant de pénétrer dans ces bassins recevait un filet de sulfate d'alumine que lui versait un simple robinet communiquant avec une caisse pleine de réactif. Le dépôt s'amassait au fond des bassins, tandis que l'eau clarifiée sortait par déversement au-dessus du barrage. Des dispositions plus compliquées, telles que barrages filtrants à trous nombreux ou flacon de Mariotte pour distribution de réactif furent successivement essayées et abandonnées.

Les résultats furent très-nets dans l'un et dans l'autre système : en culture, des produits variés furent obtenus; grâce au concours d'un maraîcher du voisinage, les légumes furent portés et vendus à la Halle; on arriva ainsi à un produit vénal brut de 4,400 fr. à l'hectare, avec une hauteur d'eau d'arrosage de 4 mètres environ, soit une consommation de 40,000 mètres cubes à l'hectare; des essais de prairie et de grande culture (betteraves, pommes de terre, maïs, etc.) réussirent également. La qualité comestible des produits ne laissait rien à désirer. De plus, en hiver, le sol put absorber en *colmatage* 5 à 6 mètres de hauteur d'eau, et se préparer ainsi pour l'abondante production de l'été et de l'automne. De ce côté, du reste, aucun inconvénient pour la salubrité; la couche mince de dépôt laissé par l'arrosage dans les rigoles et par le colmatage sur les planches de culture elles-mêmes s'oxydait rapidement à la superficie, et n'offrait aucune mauvaise odeur appréciable.

Quant aux bassins d'épuration, plus de 100,000 mètres cubes y étaient traités par l'alumine; les dépôts étaient extraits sans inconvénient; employés sur place ou à distance, ils présentaient, volume pour volume, à peu près la valeur du fumier ordinaire. L'eau clarifiée, mais encore riche en matières utiles, retournait en Seine ou venait arroser des prairies. La dépense en réactif nécessaire pour épurer un mètre cube ressortait à moins de 0 fr. 02 et tombait finalement à 0 fr. 01.

Le service d'essai de Clichy arrivait donc pratiquement à cette double conclusion :

1° L'emploi agricole des eaux d'égout est possible aux environs de Paris, et peut s'élever jusqu'à la production des légumes;

2° L'épuration par le sulfate d'alumine réussit en grand, sans exiger une main-d'œuvre exceptionnelle et des installations d'un prix exorbitant. Le dépôt qu'elle fournit, sans être un engrais d'une puissance exceptionnelle, est utilisable, comme le fumier, à courte distance.

M. A. Durand-Claye expose alors que les ingénieurs du service furent frappés de la réussite simultanée des deux procédés : au lieu de se ranger d'une façon absolue du côté de l'un ou de l'autre des systèmes, les ingénieurs pensèrent à les combiner, à les compléter par leur juxtaposition. On pouvait concevoir un ensemble de travaux tels que les eaux des collecteurs, relevées dans un canal d'arrosage, fussent offertes librement aux cultivateurs, mais pour trouver à l'extrémité du canal des bassins d'épuration; là, les eaux refusées en route, trouvaient l'agent de clarification; elles se dépouillaient avant de retourner en Seine. Ainsi la question de salubrité

était absolument sauvée, puisque aucune goutte d'eau sale ne retombait dans la rivière ; l'emploi agricole direct, le meilleur des procédés d'assainissement, s'appliquait librement et trouvait dans cette liberté d'allures ses vraies conditions de développement.

Or, on rencontrait en face de Clichy la plaine de Gennevilliers, avec 2,000 hectares de terrains perméables ; derrière Argenteuil s'étendaient d'autres terrains excellents pour l'arrosage et le colmatage. Il devenait tout naturel de diriger vers ces parages un canal d'arrosage, capable de contenir la totalité des eaux d'égout, en ménageant seulement des bassins à la rencontre de la Seine.

Mais ce canal exigeait des sommes assez considérables pour son exécution. De plus, si la conviction était faite chez un certain nombre de personnes instruites, la masse des habitants des contrées à traverser était encore imbue des préjugés les plus enracinés au sujet des eaux dont on voulait leur offrir la jouissance. Il restait en un mot à tenter une dernière expérience, celle de la clientèle ; il fallait convier les cultivateurs eux-mêmes à expérimenter, et cela sur leurs propres terres, le procédé nouveau. Les ingénieurs et l'administration municipale se décidèrent à un nouvel effort. Un crédit de 800,000 fr. fut ouvert pour créer dans la plaine de Gennevilliers, au milieu des terrains que devait rencontrer tout d'abord le canal, une exploitation réellement pratique.

Les travaux, commencés le 12 octobre 1868, étaient terminés le 1er juin 1869.

Deux machines à vapeur de la force de 40 chevaux élèvent chaque jour, en dix heures de marche et à l'aide de pompes centrifuges 6,000 mètres cubes d'eau d'égout ; l'eau, refoulée dans une conduite en fonte de 0m,80 de diamètre et de 2,000 mètres de longueur, vient tomber dans un réservoir en maçonnerie qui assure une pression de 3 à 4 mètres au-dessus des points les plus élevés de la plaine.

Ce réservoir, situé entre Asnières et Gennevilliers, à peu de distance de la Seine est entouré de 6 hectares de terrain acquis par la ville de Paris. Une conduite en grès de 0m,45 de diamètre part du fond du réservoir et va déboucher dans les champs à 500 mètres environ du réservoir. Un canal maçonné, alimenté par le trop-plein du réservoir traverse, d'autre part, le domaine de la ville et se termine à des bassins d'épuration, contigus à la Seine, qui reproduisent sur une plus grande échelle les dispositions déjà adoptées à Clichy. On est ainsi maître d'envoyer l'eau soit au dehors, dans la plaine, soit sur les terrains de la ville, soit dans les bassins d'épuration.

Or, le but qu'on se proposait était de convier le plus de cultivateurs possible à l'expérimentation nouvelle. Le premier soin des ingénieurs fut d'abandonner la culture des six hectares municipaux aux jardiniers de bonne volonté du voisinage ; une quarantaine de ces derniers vinrent travailler le sol ; l'eau leur était livrée gratuitement ; ils apportaient leur main-d'œuvre et devaient être soldés par les cultures obtenues. Le sol du champ d'essai était exceptionnellement pauvre ; il renfermait un millième d'azote seulement et 80 à 90 pour 100 de sable ; au bout de deux mois, c'est-à-dire aux mois de juillet et d'août, il était cependant transformé en un jardin luxuriant. De nombreux visiteurs, parmi lesquels les ingénieurs avaient l'honneur de compter M. le Préfet de la Seine et l'Empereur, constataient la belle venue des produits. Les cultivateurs tiraient de l'hectare une valeur brute de 8,000 à 9,000 fr. De ce côté donc, c'est-à-dire pour les légumes, la cause était gagnée ; mais un résultat plus capital peut-être s'accusait en même temps pour la grande culture. Les paysans, frappés de l'aspect verdoyant des cultures à l'eau d'égout qui tranchaient nettement

sur l'ensemble desséché de la plaine, avaient compris que leurs propres terres auraient avantage à se soumettre à ce nouveau régime; en juillet 16 à 12 hectares, en août 20, en septembre et octobre 80, acceptèrent les arrosages à l'eau d'égout. Ici encore, le résultat fut surprenant, même pour les partisans du système : les pommes de terre donnèrent 40,000 kilog., les betteraves à bestiaux 200,000 kilog., les luzernes 90,000 kilog. en deux coupes. Et puis, lorsque la saison d'automne arriva, lorsque les récoltes furent faites, les habitudes étaient prises; les cultivateurs continuèrent à recevoir l'eau sur leurs champs dont le sous-sol offrait une perméabilité précieuse; ils firent et font encore aujourd'hui du *colmatage* en grand; la terre s'imprègne de matières fertilisantes, tandis que les détritus solides s'accumulent en couches analogues au fumier, et dont M. Durand-Claye met un spécimen sous les yeux des membres de la Société. Les 6 hectares de la ville sont devenus 40 hectares, librement soumis à l'eau d'égout qui est portée par des rigoles à plus de 2 kilomètres du réservoir.

Pendant ce temps, quel rôle jouaient les bassins d'épuration? Ils fonctionnaient comme système pondérateur et complémentaire de l'emploi agricole : en juin et juillet, ils recevaient les deux tiers de l'eau envoyée par les machines, parce que la culture n'était pas sortie des 6 hectares du domaine municipal; depuis le mois d'octobre ils sont fermés, parce que la surface totale arrosée se charge de dévorer tout le cube monté journellement. Les dépenses pour la ville se réduisent par suite aujourd'hui aux frais d'élévation, un peu plus de 0 fr. 01 par mètre cube; on économise l'autre centime que coûtait l'épuration dans les premiers temps du service. Mais les bassins sont toujours là pour répondre aux exigences de la salubrité et assurer de ce côté une indépendance utile vis-à-vis de la culture. Les dépôts extraits (plus de 600,000 kilog.) ont été, du reste, immédiatement enlevés par les cultivateurs des environs qui les ont substitués à la gadoue et au fumier sur une vingtaine d'hectares.

Le résultat obtenu en quelques mois à Gennevilliers peut se résumer en un mot : ce qui ne devait être qu'un nouvel *essai* est devenu, grâce au concours des cultivateurs, un vrai *service* régulier; la totalité des eaux élevées est employée par 40 hectares.

S'appuyant sur ce fait capital, les ingénieurs pensent aujourd'hui qu'on peut aborder les projets d'ensemble; il est permis de compter sur le concours des populations, et on est assuré, en tous cas, par la réunion des procédés agricole et chimique de résoudre la grande question de l'assainissement.

M. A. Durand-Claye termine en conviant MM. les membres présents à venir, dans le cours de l'été, vérifier par eux-mêmes les faits obtenus à Gennevilliers; les ingénieurs du service municipal accueilleront avec reconnaissance toutes les observations qu'on voudra bien leur communiquer.

M. Brüll dit qu'il a eu occasion de lire des mémoires sur la manière dont la même question est aujourd'hui traitée dans d'autres pays, et notamment en Angleterre. On aurait marché plus vite qu'en France. Des Sociétés puissantes ont été organisées, et pour en citer un exemple, tous les égouts de Londres doivent être, dans un laps de dix ans, amenés à 70 kilomètres de cette ville, à Maplin, dans un terrain sableux qu'elles doivent colmater. M. Alfred Durand-Claye a accompagné M. Mille récemment en Angleterre et à Bruxelles, et peut-être pourrait-il donner quelques indications sur ce sujet.

M. Durand-Claye répond que beaucoup de mémoires ont été faits, reproduisant les uns la théorie spéciale de leurs auteurs, les autres indiquant comme certain et presque comme un fait accompli le développement que l'opération devait prendre un jour. En résumé, la ville de Londres a pu, en profitant des facilités du sol et en installant des usines élévatoires, amener tous ses égouts, y compris les vidanges des fosses dans la Tamise, à 30 kilomètres environ au-dessous de Londres, à Barking pour le côté nord, à Crossness pour le côté sud, deux localités désertes où la salubrité est hors de cause.

Pendant que les travaux de la ville s'achevaient, le parlement concédait, en 1865, à la *Compagnie Metropolis Sewage and Essex reclamation* (au capital de 52,500,000 fr.) la permission de prendre les eaux d'égout à Barking, pour les conduire par un aqueduc de 60 kilomètres dans une plaine de sable d'environ 8000 hectares, située sur la côte du comté d'Essex, et destinée à être transformée en prairies. Sur le parcours on débiterait l'eau aux cultivateurs qui en feraient la demande.

La Compagnie a appelé 5,000,000 de francs avec lesquels elle n'a fait encore qu'un ou deux kilomètres d'aqueduc, et les travaux sont abandonnés depuis plus de deux ans. La Compagnie a bien, il est vrai, loué à titre d'essai une propriété, *Lodge-farm*, où l'on a commencé d'abord par cultiver tout en prairies, et où actuellement on arrive aussi à cultiver des légumes. Mais il n'y a pas encore de vraie clientèle.

A Bruxelles, la ville fait des collecteurs qui amèneront les eaux d'égout dans la Senne, à 6 kilomètres plus bas que Bruxelles, et un traité a été passé avec une Compagnie anglaise qui doit établir une usine de décantation. Les ingénieurs de cette Compagnie sont venus, il y a peu de temps, visiter les installations de Gennevilliers, et n'ont pas encore pris de décision définitive sur le procédé qu'ils emploieront.

En résumé, à l'étranger, les villes exécutent parfaitement les parties dont elles se sont chargées, mais les Compagnies ne remplissent pas encore leurs engagements.

M. Ernest Mayer demande si M. Durand-Claye peut indiquer quelles sont les vues de l'administration pour l'avenir; — si l'on espère utiliser la totalité des eaux d'égout, et arriver à l'écoulement direct des matières de vidange à l'égout.

M. Durand-Claye répond qu'un avant-projet général, comportant l'installation d'une usine à vapeur d'une force suffisante pour élever les eaux de tous les égouts dans la plaine de Gennevillers, se trouve actuellement entre les mains de l'administration municipale et de l'administration supérieure.

Les ingénieurs du service des eaux d'égout accepteraient parfaitement pour leur compte le mélange des vidanges et des eaux d'égout, et pensent qu'il n'y aurait aucun inconvénient à cela.

Mais la question est complexe à cause des dispositions généralement adoptées dans les maisons de Paris et des habitudes prises. Du reste, l'administration semble aujourd'hui pousser, pour les constructions neuves, au développement du système des tinettes fixes, dans lequel les matières solides sont précipitées, tandis que les matières liquides séparées sont dirigées dans les égouts.

M. E. Mayer s'informe de l'extension future et de ce qu'il adviendra quand la plaine de Gennevilliers deviendra insuffisante. N'y a-t-il pas une relation entre la quantité d'eau régulièrement fournie et la surface de terre arrosée?

Un Membre demande si l'on n'a pas projeté d'aller jusqu'à Conflans.

M. Durand-Claye, répondant aux observations précédentes, fait observer qu'après

la plaine de Gennevilliers on peut passer de nouveau la Seine pour utiliser la plaine de Sartrouville. Et il est exact que, poussant les recherches plus loin, on ait fait quelques études du côté de Conflans, auprès de la jonction de l'Oise et de la Seine.

On ne peut déterminer d'avance les quantités absorbées, cela dépend du sol. Ainsi, dans la plaine de Gennevilliers, il a été absorbé en certains points, en deux mois, 400,000 mètres cubes d'eau par hectare.

M. LE PRÉSIDENT désirerait savoir ce que deviennent les dépôts solides.

M. DURAND-CLAYE explique que jusqu'à ce jour ils ont été donnés gratuitement, pour répandre autant que possible leur emploi dans le pays. Ils paraissent assez recherchés, mais néanmoins il pense qu'il n'y a pas lieu de leur assigner une grande valeur. En effet, ils sont comparables au fumier, et le fumier ne paraît pas une marchandise susceptible de supporter les frais d'un long transport, et personne n'a jamais songé à monter une usine à fumier.

M. DIEUDONNÉ expose que la ville de Reims est traversée par une petite rivière recevant les eaux d'égout très sales en été. Cette rivière reçoit aussi les déjections de nombreuses usines.

M. LE PRÉSIDENT fait observer qu'ils reçoivent aussi les eaux de lavage des laines et qu'il s'y trouve un mélange de suin et de savon et il demande si les procédés employés à Paris leur seraient applicables.

M. DURAND-CLAYE répond que, sans avoir étudié spécialement les eaux de Reims, le service des eaux d'égout a cependant été consulté par la municipalité de cette ville. Il est permis de penser que ce procédé agricole serait applicable à ces eaux ; et l'épuration chimique a, paraît-il, réussi avec un réactif spécial.

M. DEPAEZ cite à l'appui les expériences faites par M. Houzeaux à Reims. Un réactif dans lequel entre de la houille pulvérisée et des matières alumineuses aurait donné de bons résultats. On obtiendrait alors une sorte de tourbe, produit combustible.

M. DURAND-CLAYE fait observer que le service actuel de Gennevilliers représente un cube journalier d'eau d'égout égal ou supérieur à celui que l'on rencontre dans un grand nombre de villes, et spécialement à Reims; il espère que les travaux de la ville de Paris donneront aux municipalités l'idée de chercher à les reproduire et d'arriver, aussitôt que possible, aux bienfaits d'un assainissement généralement désiré.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. Durand-Claye de son intéressante communication, et il espère qu'il voudra bien tenir la Société au courant des progrès de cette importante question.

MM. Closson, Cachelièvre, Girard, Hittorf, Marchal et Sparre ont été reçus membres sociétaires et M. Dufay membre associé.

Séance du 4 Février 1870.

Présidence de M. VUILLEMIN, *Président.*

Le procès-verbal de la séance du 21 janvier est adopté.

M. LE PRÉSIDENT, avant de commencer la séance, dit qu'il a à remplir le pénible devoir d'annoncer les nouvelles pertes éprouvées par la Société, dans les personnes de trois de ses membres : MM. Georges Tardieu, Gérez et Foucou.

M. LE PRÉSIDENT annonce également que M. Jules Garnier vient d'être nommé chevalier de la Légion d'honneur.

M. LE PRÉSIDENT communique à la Société, au nom de M. Flachat, l'extrait suivant d'un rapport adressé au Conseil général du département de l'Allier, session de 1869, par M. Stéphane Mony, membre de la Société, député au Corps législatif :

« Une proposition a été faite pour demander à l'État de donner à chaque département le service de ses routes impériales, avec la part du budget correspondante.

« Une autre proposition a été faite par les conseils d'arrondissement de Moulins et de Montluçon ; elle a pour but de reporter au service des ingénieurs des ponts et chaussées les chemins de grande communication et d'intérêt commun, et de concentrer tout le personnel des agents-voyers sur le réseau vicinal ordinaire.

« Il faut ici, messieurs, pour être sûr de la liberté de son jugement, faire une abstraction absolue des personnes, et voir de haut la situation générale des esprits, d'une part, de la viabilité de l'autre.

« L'unité départementale s'affirme, se constitue chaque jour davantage, et nous marchons visiblement, au grand honneur et pour le bonheur et le repos de notre pays, à l'extension de la liberté locale. Plus de liberté locale, c'est plus d'action sur nos affaires ; c'est le règlement et la direction des affaires départementales par le département.

« Or notre plus grande affaire départementale c'est la viabilité. Elle nous appartient aujourd'hui en grande partie, elle doit nous appartenir tout entière.

« Les routes impériales doivent-elles en faire partie ? Sans nul doute. Quand le Gouvernement central n'avait pas d'autre moyen d'agir au nom et pour le maintien de l'unité nationale, assurément il devait garder les routes de première classe, allant de Paris à toutes les extrémités du territoire. Elles sont aujourd'hui remplacées par les chemins de fer et le télégraphe électrique, et ne sont plus que des instruments sans valeur et sans nécessité aux mains de l'État.

« Plus mal tracées et ayant un moins bon profil en long que les routes départementales et que bien des chemins de grande communication qui ont profité des progrès de l'art, elles ne diffèrent en rien de celles-ci; mais leur utilité, que nous ne contestons pas, n'est plus que départementale.

« C'est donc aux départements qu'elles doivent appartenir.

« Une fois saisis de la totalité de leurs routes et chemins, à qui les départements se confieront-ils ? Nous n'hésitons pas à répondre : à des agents départementaux, qu'ils viennent de l'École polytechnique, de l'École centrale, de celle des Arts et métiers ou de toute autre. La ville de Paris, qui fait des travaux si considérables, si importants et si beaux, les fait par des ingénieurs qui sont les ingénieurs de la ville.

Les départements chercheront comment et par qui ils pourront se donner le service le plus actif, le plus pratique, le plus économique, en même temps que capable et honnête, et s'organiseront, chacun selon son goût, selon ses ressources.

« Il n'est pas de l'essence de la décentralisation de créer l'uniformité.

« Tels sont, nous le croyons du moins, les vrais principes, mais nous ne les ferons suivre d'aucun conseil sur le parti à prendre pour notre département.

« En présence de la tâche qui nous incombe, toucher précipitamment à des services organisés et qui marchent bien serait une imprudence. Nous ne vous la conseillons pas ; nous nous bornons à appeler vos réflexions sur ce grave sujet et sur les considérations que nous venons de soumettre à vos lumières. »

Après cette lecture, M. le Président ajoute que l'organisation du service de la viabilité par les départements peut offrir de nouveaux débouchés aux ingénieurs civils, et que c'est à ce titre qu'il a été donné communication de l'extrait du rapport de M. Mony.

M. Nendling remet à la Société l'ouvrage publié par M. Mouchot, professeur au lycée de Tours, sur la chaleur solaire et ses applications industrielles, et l'analyse de l'ouvrage de M. Mouchot, par M. Marlier.

M. le Président donne lecture de la lettre suivante, qui lui a été adressée par M. Maldant, au sujet de l'intéressante communication faite dans la dernière séance, par M. Durand-Claye.

« L'utilisation des eaux d'égouts, au point de vue presque exclusivement agricole, où s'est placé M. Durand-Claye, est une opération *continue* ; puisqu'il s'agit de faire disparaître, en l'utilisant, un produit qui ne cesse pas d'arriver.

« Or, cette opération continue constitue en même temps une *irrigation* et un *colmatage* ; c'est-à-dire deux opérations qui sont, par leur nature, essentiellement *temporaires*.

« Les irrigations opportunes, faites sur des terrains convenablement disposés et en saison propice, sont une des plus précieuses sources de richesse dont puisse disposer l'agriculture. C'est là une science trop ancienne et trop habilement pratiquée de tous temps, aussi bien en Égypte, en Grèce et à Rome, que dans les pays modernes, pour qu'il soit nécessaire d'insister sur ses avantages.

« Mais les irrigations exagérées ou *inopportunes* sont aussi désastreuses que les autres sont utiles ; et on est obligé de les combattre à grands frais, par des fossés d'écoulement, des drainages, etc.

« La continuité est encore plus impossible avec les colmatages qu'avec les irrigations : celles-ci peuvent être périodiques ; ceux-là sont tout à fait momentanés.

« Il y a quelques années, un projet grandiose de colmatage a été présenté par un ingénieur distingué des ponts et chaussées, à la Société d'agriculture de la Gironde, dont je faisais partie. Ce projet ne demandait pas plus de mois que de millions, pour colmater toutes les landes de Gascogne.

« Certes, l'exposé du projet était séduisant; et il avait enflammé bien des imaginations bordelaises, que la réflexion a ensuite calmées. Il s'agissait d'encaisser dans les Pyrénées et d'arrêter dans son cours dévastateur le torrent de la Neste, pour le précipiter ensuite sur les argiles grasses de l'immense et infertile plateau de Lannemezan. Puis, les eaux limoneuses devaient aller amender et fertiliser les sables arides des Landes et de la Gironde, en y déposant leurs limons.

« J'ai combattu les *moyens* proposés pour l'exécution de ce projet; et la Société d'agriculture n'a pas accordé à son auteur les encouragements qui lui étaient demandés.

« Dans le cas actuel la situation est différente, et je ne crois à aucune impossibilité; mais je crois à des *difficultés sérieuses*, qu'il peut être bon d'envisager attentivement.

« Les matières *solides* entraînées par les eaux d'égout sont surtout de deux natures : celles *solubles* ou *suspensibles* dans le liquide, et qui peuvent l'accompagner plus ou moins loin dans sa marche; et celles qui *surnagent* ou se *déposent*.

« Dans les essais qui nous ont été décrits, les pompes centrifuges qui élèvent une certaine proportion des eaux d'égouts n'enlèvent pas une proportion équivalente de produits solides; et, sous ce rapport, les expériences faites peuvent paraître insuffisantes, comme les conséquences qu'on en a tirées peuvent sembler prématurées.

« L'utilisation générale et *complète* du produit des égouts d'une grande ville, comme Paris, est plus complexe que ne le ferait supposer la simple audition de la communication qui nous a été faite; et je crois que le sujet est assez important pour que notre Société prie M. Durand-Claye d'en faire l'objet d'une communication complémentaire, surtout en ce qui concerne : 1° l'utilisation ou le traitement des matières solides, non transportables par les simples irrigations; 2° l'addition aux eaux d'égouts des produits liquides ou autres, des fosses d'aisances, addition avantageuse au point de vue agricole; 3° enfin, en ce qui touche aux avantages ou aux sacrifices pécuniaires que pourraient présenter l'exécution et l'exploitation continue de projets de cette nature, dans des villes d'importances diverses. »

M. Durand-Claye, répondant aux points principaux signalés dans la lettre de M. Maldant, fait d'abord observer qu'il convient de laisser de côté l'exemple cité dans cette lettre d'un projet de colmatage des Landes à l'aide des terres détachées du plateau de Lannemezan. Ce projet, fruit d'une imagination ardente, n'a aucun rapport ni comme principe ni comme moyens d'exécution avec la question actuelle, plus humble sans doute, mais aussi plus pratique et plus urgente.

L'auteur de la lettre établit une distinction entre les matières suspensibles et les matières déposables, entraînées par les eaux d'égout; ces dernières ne seraient pas enlevées, d'après lui, par les pompes centrifuges, et les résultats obtenus jusqu'ici ne seraient pas, par suite, absolument concluants. M. Durand-Claye fait remarquer que les matières exceptionnellement lourdes, sables ou autres, tombent sur le radier des égouts, dans l'intérieur même de Paris, et sont extraites pour la plupart par des curages partiels et spéciaux; la couche de vase qui a été constatée sur le radier du collecteur d'Asnières n'est jamais que de quelques centimètres et la masse du torrent noirâtre qui débouche en Seine tient en suspension dans toute son étendue les impuretés solides; il n'y a qu'à examiner les eaux à leur arrivée au champ d'essai, pour voir que les pompes centrifuges et les conduites ont élevé et laissé passer les eaux avec leur pollution tout entière.

M. Maldant a insisté sur l'intermittence que doit présenter l'emploi agricole des eaux d'égout et sur les inconvénients que pourrait entraîner l'usage inopportun ou excessif de l'irrigation. M. Durand-Claye rappelle le principe même du système expérimenté à Gennevilliers, principe que M. Maldant semble avoir momentanément perdu de vue : *Combinaison de l'épuration chimique et de l'emploi agricole.* L'eau est livrée *librement* au cultivateur ; à lui et à lui seul de régler les quantités employées et les époques d'arrosage et de colmatage. Au bout des canaux d'arrosage se trouvent les bassins épurateurs, chargés de clarifier les eaux non employées en route et d'assurer en tout état de cause la salubrité en laissant toujours aux agriculteurs l'indépendance qui leur est indispensable. Du reste la variété des cultures, la perméabilité vraiment extraordinaire de la presqu'île assurent une consommation agricole abondante en tous temps ; les faits que l'on peut observer chaque jour cette année sont plus éloquents que de longues discussions de principes. M. Durand-Claye rappelle en effet que depuis quatre mois les bassins d'épuration de Gennevilliers sont fermés, que cependant les 6,000 mètres cubes montés journellement sont absorbés sans peine par le sol, et cela à des doses qui ont atteint en certains points 400,000 mètres cubes à l'hectare, en deux mois.

Quant à l'addition des matières de vidange aux égouts, M. Durand-Claye a déjà déclaré dans la précédente séance qu'il ne faisait pour son compte aucune objection à cette opération. Il pense qu'il y aurait là pour la ville de Paris un moyen de sortir peut-être assez facilement des difficultés qui se présentent aujourd'hui. Mais il rappelle que sa situation personnelle lui impose sur ce sujet une réserve que comprendra sans doute M. Maldant.

Enfin, au point de vue financier, M. Durand-Claye dit que le projet dont il a été question à la dernière séance, et qui consiste à couper la presqu'île de Gennevilliers par un canal d'arrosage avec bassins épurateurs à l'extrémité, entraînerait à une dépense d'environ 10 millions pour les frais de premier établissement, et de 1 million à 1,500,000 fr. pour les frais annuels d'exploitation, en supposant même qu'on soit forcé d'épurer la moitié des eaux élevées. Cette dépense semble n'avoir rien d'exagéré en présence de la purification complète de la rivière, de la restitution au sol d'une masse considérable d'engrais, et des facilités offertes à la ville pour la transformation de son assainissement intérieur.

M. Maldant est très-heureux que sa lettre ait amené les nouvelles explications qu'on vient d'entendre de M. Durand-Claye. Ces explications répondent à ses observations, mais ne les détruisent pas.

M. Maldant aurait désiré, sur quelques points, une réponse plus complète ; notamment en ce qui concerne, *au point de vue financier*, les bénéfices ou les charges que pourrait entraîner l'exécution d'ensemble et *complète* du projet. C'est surtout dans le but d'obtenir une réponse sur ce point capital, que M. Maldant en avait fait l'objet de sa dernière demande.

La question d'argent est une question de premier ordre dans des projets de cette nature ; et si on veut les voir adopter et généraliser rapidement, il est bon d'examiner s'ils peuvent se suffire à eux-mêmes ; s'ils peuvent même *rémunérer* largement les capitaux qui se consacreraient à leur exécution.

M. Maldant croit que l'addition aux eaux d'égout du produit des fosses d'aisances serait, surtout à Paris, la solution financière par excellence du projet. En effet, n'obtiendrait-on pas aisément un revenu considérable, avec la redevance des pro-

priétaires qu'on autoriserait à déverser, dans les égouts, le produit de leurs latrines?

C'est là, selon M. Maldant, le point le plus sérieux à examiner; car, s'il promet une solution satisfaisante à la question financière, il enrichit en même temps les eaux d'égout, au point de vue agricole; et il débarrasserait les villes de ces vidanges nocturnes et nauséabondes dont personne assurément ne regretterait la disparition.

M. Durand-Claye s'excuse auprès de la Société d'être entraîné à abuser si longtemps de sa bienveillante attention. M. Maldant insiste sur le point de vue financier; point de vue fort délicat, surtout lorsqu'il s'agit de projets. M. Durand-Claye ne peut que se reporter aux chiffres qu'il a indiqués comme résultant des études faites jusqu'à ce jour. Quant à décider si les projets en tant que capitaux peuvent se suffire à eux-mêmes et même offrir une large rémunération après leur exécution complète, il serait téméraire pour n'importe qui de faire actuellement une réponse décisive. La valeur commerciale des eaux d'égout est nulle aujourd'hui, puisque partout, à l'étranger comme en France, ces eaux sont *offertes* par les municipalités et non sérieusement *demandées* par les cultivateurs; mais ce qui est capital, ce qui est urgent, c'est l'assainissement. A ce point de vue, M. Maldant a parfaitement raison de signaler le revenu indirect que procurerait l'emploi total des eaux d'égout, en permettant de leur adjoindre les matières de vidange et de percevoir ainsi sur les propriétaires un droit d'une importance considérable. M. Durand-Claye indique en effet qu'à Paris il existe plus de 300,000 chutes de vidanges, qui pourraient donner au taux actuel de 30 fr. par chute un revenu annuel de 9 millions. Mais convient-il de procéder brutalement à une révolution dans les habitudes des propriétaires de la capitale? M. Durand-Claye ne le pense pas; il faut laisser à chacun la liberté de la transformation, en l'encourageant au besoin par une diminution de la taxe; les fosses fixes ne rapportent pas par an 100,000 fr. nets à la ville, et cependant les propriétaires payent aux compagnies de vidange 7 à 8 millions par an, tout en subissant les odieux inconvénients du système actuel d'enlèvement et de transport des matières. Grâce à l'écoulement direct ou même aux tinettes-filtres, concordant avec une diminution de la taxe, le propriétaire gagnera, à tous les points de vue; la transformation s'opérera peu à peu, et la ville trouvera de ce côté des ressources importantes. Celles-ci couvriront les dépenses d'exploitation du service agricole ou chimique des eaux d'égout. De ce côté, du reste, la liberté laissée au cultivateur développera peu à peu l'usage rationnel des eaux et du terreau, créera la concurrence, par suite la demande, et en fin de compte une véritable *valeur* des eaux d'égout; nouveau revenu, ou plutôt nouvelle compensation des sacrifices faits par la ville. Ainsi liberté dans la ville, liberté dans la campagne, tels sont les deux principes sur lesquels M. Durand-Claye pense qu'il convient de s'appuyer. Mais cette marche demande du temps et des dépenses qui ne deviendront productives qu'à la longue; l'assainissement sera pour quelque temps le seul bénéfice obtenu; c'est donc là une œuvre d'administration municipale. Le plus grand danger qui pourrait venir menacer cette œuvre d'intérêt public et retarder son accomplissement définitif, ce serait de l'abandonner à la spéculation privée, qui ne tirerait du monopole, à elle concédée, qu'une ruine analogue à celle de la compagnie de Londres.

M. Maldant constate avec plaisir que, sur beaucoup de points, il est d'accord avec M. Durand-Claye : pas plus que lui, il ne voudrait d'un système de contrainte qui *obligerait* les propriétaires à modifier leurs fosses; mais il croit que la simple *faculté*

suffirait à en décider un très-grand nombre; et que, peu à peu, l'utilité même et les avantages de la mesure finiraient par la rendre générale.

M. Maldant ne voudrait pas prolonger indéfiniment la discussion : il apprécie la valeur des réponses et des observations faites par M. Durand-Claye; quoiqu'elles n'aient pas toutes le pouvoir de le convaincre et de détruire ses appréhensions. Ainsi, par exemple, il ne saurait voir une *continuité* d'utilisation des eaux d'égout, dans cette réponse qui a été faite : que les eaux sont dirigées, selon les besoins, sur telle ou telle propriété. Il y a des temps de pluie, il y a des saisons entières, où *personne* n'a besoin d'irrigations.

Or, pendant ces saisons, les bassins et les rigoles d'écoulement qui devront rendre à la Seine des *eaux clarifiées*, s'encombreront de dépôts et de résidus : ce sont là des questions complexes, dont chacune nécessiterait une étude et des discussions approfondies.

En somme, M. Maldant voit dans l'utilisation du produit des égouts, et dans la communication de M. Durand-Claye, une question de la plus grande importance, dont la solution pratique est des plus désirables; et il pense que les difficultés qu'il a cru bon de signaler sont loin d'être insurmontables.

M. Durand-Claye remercie M. Maldant de l'intérêt que ce dernier témoigne encore une fois pour la question en discussion. Il pense que l'examen des points de détail serait plus utilement reporté après la visite que plusieurs membres de la Société se proposent de faire à Gennevilliers. Bien des appréhensions sont de nature à s'évanouir à la vue du service courant; c'est ainsi que les dépôts des rigoles ou des bassins sont enlevés immédiatement par les cultivateurs voisins, heureux de trouver ainsi l'engrais à pied d'œuvre; plus de 1 million de kilogrammes de matières ont été ainsi employés dans le cours de l'été et de l'automne de 1869, et on serait fort embarrassé pour en trouver trace aujourd'hui.

M. Nordling appuie les dernières observations de M. Durand-Claye. Il a eu occasion de visiter les travaux de Gennevilliers, et il est resté frappé de la simplicité extrême des procédés adoptés, ainsi que de la facilité de leur fonctionnement.

M. le Président remercie M. Durand-Claye des explications qu'il a bien voulu donner à la Société, et donne la parole à M. Stilmant pour sa communication sur le chauffage des trains de chemins de fer.

M. Stilmant indique par un croquis comment il prend dans la cheminée des locomotives la vapeur dégagée par l'échappement et les gaz parvenus dans la boîte à fumée pour les envoyer dans des tubes-chaufferettes placés dans les compartiments des voitures.

Le moyen de translation ou de transport des gaz repose entièrement sur le déplacement du train. Le seul moteur est l'air extérieur qui sert en même temps de régulateur ou de modérateur à la température élevée des gaz à employer.

M. Stilmant déclare qu'il n'a pas été pris de brevet pour cette invention, les brevets étant quelquefois une gêne dans l'application pratique.

Les gaz sont entraînés par l'air intérieur qui vient s'engouffrer dans un cône dont l'ouverture est tournée en avant. Ce cône, désigné sous le nom d'*aspirateur*, reçoit donc l'air à la vitesse du train. L'air ainsi introduit forme dans les conduits un cou-

rant de direction opposée à celle du train. Ce courant fait derrière lui appel aux gaz de la boîte à fumée et de la cheminée, pendant que devant lui il chasse d'abord la colonne d'air qui remplit les conduites. Le courant de chaleur établi ne cessera qu'à la fin du trajet sans le secours d'aucun moyen mécanique dépendant de la locomotive ou des voitures, et par suite toute cause d'inaction et de détérioration sera évitée.

M. Stilmant dit qu'il a pensé à introduire un ventilateur mu par un moulin à vent pour le cas où la quantité d'air fournie par les aspirateurs produirait un refroidissement sensible des gaz. La question étant complexe et ne permettant pas *à priori* de se prononcer sur les quantités, M. Stilmant attend de l'expérience les proportions de gaz à entraîner et d'air à introduire. C'est seulement pour présenter un projet complet qu'il a prévu le moulin à vent.

Les essais faits par M. Stilmant n'ont porté que sur une longueur de 17 mètres, et il a reconnu qu'il n'y avait qu'un abaissement très-faible de la température.

M. Nordling demande pourquoi M. Stilmant ne prend pas directement sur la machine la force dont il a besoin pour faire tourner son ventilateur, au lieu d'avoir recours à un moulin à vent, appareil très-désavantageux, au point de vue du rendement.

M. Stilmant répond que les mécaniciens ont déjà beaucoup d'organes à surveiller, et que la commande qui dépendrait mécaniquement de la locomotive serait sujette à des réparations qui sont évitées par le moyen qu'il propose.

M. le Président dit qu'en effet il n'y avait pas lieu de prendre un brevet, car des essais ont déjà été faits; il rappelle que M. Marquier d'Aubonne, avocat à la cour de Dijon, a publié en 1863 une brochure où il expose un système de chauffage ayant quelque analogie avec celui de M. Stilmant : l'air extérieur s'échauffe dans l'épaisseur des parois doublées de la boîte à fumée et du foyer avant de le distribuer dans des conduites.

M. Stilmant pense que le système de M. d'Aubonne, ainsi que certains autres du même-genre, présentent, soit dans la boîte à fumée, soit dans le foyer, des obstacles très grands; d'autre part, l'échauffement de l'air par le pourtour de la boîte à fumée ou de la boîte à feu exigera une dépense considérable pour une élévation de température rendue insuffisante par le passage rapide de l'air contre ou entre ces parois.

M. le Président rappelle la communication de M. Banderali d'où ressortaient si nettement les difficultés pratiques du système de la corde comme moyen de communication, et il pense que ces difficultés s'augmenteront encore pour les conduites creuses proposées par M. Stilmant; d'autre part, un tube peut crever ou les communications entre les véhicules être interrompues, et les voitures qui suivent cessent d'être chauffées.

M. Stilmant répond que ses raccords n'ont pas besoin d'être hermétiques parce qu'il se sert de l'air comme moyen d'entraînement; quant aux ruptures des conduites, elles ne peuvent être fréquentes, à cause du peu de pression intérieure. Du reste, l'installation d'un système à double conduite parerait à tout accident de cette nature.

M. Stilmant observe en outre que les moyens qu'il offre ne peuvent avoir pour conséquence qu'une augmentation de tirage dans la cheminée, et leur application ne saurait nuire en rien au bon fonctionnement de la locomotive.

M. le Président ajoute qu'un appareil a été essayé en 1864-65 à la compagnie

de l'Ouest, et il engage M. Vidard à donner des renseignements sur la valeur du système.

M. Vidard objecte que, dans le système Delcambre, la résistance au mouvement de la vapeur était considérable; il se produisait une abondante condensation; on obtenait dans les premières chaufferettes une température très-élevée au détriment des chaufferettes plus éloignées de la machine, et le chauffage ne dépassait guère la sixième voiture; enfin les fuites de vapeur étaient fréquentes et la réparation des conduites difficile; au définitif, on a dû renoncer à l'application du système Delcambre.

M. Stilmant dit que dans son système la condensation sera nulle ou presque nulle, la vapeur étant prise sous un plus grand volume et réchauffée à son passage dans la cheminée par les gaz de la boîte à fumée. Il ajoute que le système qu'il propose permet de n'employer, si l'on veut, que les gaz de la boîte à fumée et par conséquent éviter toute condensation.

M. Dieudonné demande s'il n'y a pas à craindre que la dernière partie du train ne soit pas suffisamment chauffée.

M. Stilmant répond que ce n'est qu'une question de pratique qu'il serait difficile de résoudre quant à présent. Il dit qu'il est disposé à faire des essais définitifs et qu'il accepterait toute offre de cette nature qui lui serait faite par les compagnies de chemins de fer, même à ses frais.

M. Brüll dit que, pendant le stationnement, le chauffage sera interrompu.

M. Stilmant répond que la température acquise à ce moment permettra de conserver dans les compartiments toute la chaleur nécessaire.

M. Krémer demande si M. Stilmant se propose de chauffer tous les compartiments ou bien les chaufferettes seulement. Le chauffage des première et deuxième classes lui paraît réalisable, mais celui des troisièmes classes devra présenter de grandes difficultés, par suite de la grandeur du compartiment et du grand nombre des personnes qui y sont réunies.

M. Krémer ajoute qu'en Allemagne on a renoncé au chauffage qui emprunte ses calories à la machine, la température étant forcément trop élevée en tête du train et trop basse en queue; le chauffage se fait à l'aide de poêles.

M. Stilmant répond qu'il sera facile dans son système de régler la température, parce qu'on pourra toujours introduire de l'air extérieur en excès dans les conduites.

M. Desgrange demande à combien M. Stilmant estime, par voiture, le prix d'installation et de fonctionnement de son appareil.

M. le Président estime à 5 francs par train le chauffage de 8 à 10 voitures de première classe d'une grande compagnie, sur lesquels 1 franc seulement est applicable au combustible; la différence appartient aux frais d'installation et d'entretien.

M. Stilmant objecte au mode actuel de chauffage de ne s'adresser qu'aux voitures de première classe; il pense arriver à chauffer non seulement les premières et deuxièmes mais encore les troisièmes classes.

De plus, son système n'offre qu'une dépense de première installation. Cette dépense calculée pour l'application de doubles conduites longitudinales, s'élèverait à 250 fr. par voiture à voyageurs.

M. Desgranges dit qu'il y aurait inconvénient à l'emploi du système proposé dans les trains mixtes.

M. Stilmant répond qu'il suffirait d'affecter spécialement à ce service un certain nombre de wagons à marchandises qui seraient pourvus de la conduite longitudinale et que la dépense résultant de cet aménagement serait peu considérable.

M. Maldant fait observer que la conduite, dont M. Stilmant se sert pour transporter le gaz chaud pris dans la boîte à fumée, débouche à l'air libre. Or il est évident que si la vitesse des gaz n'est pas très-grande, les voitures de tête sont beaucoup plus chauffées que celles de queue; si au, contraire, pour obtenir dans la dernière voiture une température suffisante, on imprime une vitesse considérable aux gaz, on perdra dans l'atmosphère, à l'extrémité de la conduite, une très-grande quantité de chaleur. En supposant donc que le système proposé puisse sortir victorieux des complications inévitables qu'il contient, il aboutirait toujours à un chauffage inégal et vicieux, ou à un chauffage excessivement dispendieux.

M. Stilmant pense au contraire que la dépense est insignifiante comparée aux résultats ; il suffit que la quantité de gaz chaud soit strictement mesurée, c'est-à-dire que l'appel d'air, origine de la vitesse, soit convenablement réglé.

M. le Président remercie M. Stilmant de sa communication et donne la parole à M. Monthiers.

M. Monthiers signale l'insuffisance des moyens employés en général pour assurer un renouvellement convenable de l'air dans les habitations et insiste sur les effets fâcheux qui en résultent dans presque toutes les salles de réunion.

Il rappelle en outre les inconvénients graves d'une ventilation insuffisante et les moyens fort simples que l'on pourrait employer pour résoudre les questions de ce genre. Ces procédés, qui n'ont encore reçu que de rares applications dans des édifices à destination spéciale, pourraient être appliqués sans grandes dépenses, dans les constructions ordinaires.

M. Monthiers cite les exemples suivants ;

Les cuisines du café de la Paix étaient à la fois inhabitables pour les hommes de service, et d'un voisinage fort incommode pour les consommateurs du café. Il a suffi de réunir toutes les fumées des fourneaux dans un tuyau collecteur, de loger ce tuyau au milieu d'un puits d'air montant jusqu'au toit, et de favoriser, par l'aménagement de quelques cloisons, l'arrivée de l'air dans la pièce, pour assurer l'extraction des émanations nuisibles des fourneaux. Cette solution, qui a produit un excellent effet, aurait été très-peu dispendieuse si elle avait été prévue au moment même de la construction.

Une salle d'école a été ventilée par la disposition suivante : un canal souterrain de $0^{m},28$ de section introduit l'air extérieur dans un poêle calorifère dont les bouches ont la même section.

Le tuyau du poêle, après avoir traversé toute la salle, se rend dans le coffre d'une cheminée, et s'élève dans ce coffre jusqu'au-dessus du toit. Le coffre de la cheminée communique dans la salle par des orifices situés au niveau du plancher, de manière à n'extraire que l'air froid et vicié. Moyennant une dépense annuelle de 50 fr. de combustible, on a assuré de cette manière le renouvellement complet de l'air de la salle en moins d'une demi-heure.

M. Monthiers appelle l'attention de la Société sur la nécessité de ventiler la plupart des salles de l'hôtel que la Société elle-même est sur le point de faire construire, et il émet à ce sujet les propositions suivantes :

L'hôtel serait chauffé au moyen d'un calorifère à air chaud, établi dans le sous-sol, auquel il conviendrait d'adjoindre une chambre de mélange, dans laquelle se rendrait à la fois l'air chaud du calorifère, et l'air froid extérieur ; des conduits spéciaux amèneraient dans chaque pièce l'air mélangé, de manière à obtenir 25 à 30° à la sortie des bouches.

La plupart des salles seraient à la fois chauffées et ventilées au moyen du système mixte du calorifère et de cheminées à feu apparent.

M. Monthiers propose que toutes les fenêtres soient munies d'impostes ouvrant à soufflet, et faciles à manœuvrer.

Pour la grande salle des séances, dont le cube est de 675 mètres, il semble suffisant de porter la ventilation à 1500 m. par heure, le renouvellement de l'air serait donc complet en moins d'une demi-heure. L'air chaud arriverait par des bouches s'ouvrant au bas de la salle, vers la table de la présidence. L'air vicié s'échapperait par des orifices ménagés dans le plan incliné disposé pour l'auditoire. La cheminée générale communiquerait avec le dessous du plan incliné et envelopperait le tuyau de tôle ou de fonte livrant passage à la fumée du calorifère du sous-sol.

Pour imprimer au tirage un surcroît d'activité, il serait bon d'utiliser la chaleur dégagée par les becs de gaz éclairant la salle ; il suffirait pour cela de les enfermer dans des tubes verticaux communiquant par le bas avec la salle, et par le haut avec un canal horizontal, conduisant à la cheminée centrale les produits de la combustion.

Pour les réunions nombreuses, on établirait une communication directe de la cheminée avec la salle près du plafond.

Pour l'été, on ouvrirait sur la petite cour de l'hôtel des panneaux à soufflet, dont l'ouverture combinée avec celle des impostes de la façade déterminerait un courant d'air sans influence directe sur les assistants, la salle ayant 5m,50 de hauteur.

M. Monthiers fait remarquer que par les dispositions précédentes, la ventilation se ferait d'une manière satisfaisante, sans exiger de frais spéciaux et de surveillance particulière.

Un Membre fait observer que si l'odeur de fonte propre aux calorifères à air chaud devait se faire sentir dans les salles, il conviendrait plutôt d'adopter un calorifère à eau chaude.

M. Monthiers pense que la chambre à mélange pourra préserver de cet inconvénient.

M. le Président remercie M. Monthiers de sa communication.

Séance du 18 Février 1870.

Présidence de M. VUILLEMIN.

Le procès-verbal de la séance du 5 février est adopté.

M. LE PRÉSIDENT annonce que M. Desbrière vient d'être nommé commandeur de l'Ordre de Charles III d'Espagne.

M. D'HAMELINCOURT expose qu'il a écrit au comité, pour demander à concourir pour la présentation d'un projet de chauffage et de ventilation de l'hôtel de la Société; il demande quelle suite a été donnée à sa demande.

M. LE PRÉSIDENT répond que la proposition de M. d'Hamelincourt a été renvoyée à une sous-commission, qui l'appellera en temps utile, ainsi que tous les autres membres de la Société qui voudraient concurremment présenter des projets pour le chauffage et la ventilation de l'hôtel de la Société.

M. LE PRÉSIDENT donne lecture d'une lettre de M. Boudard, sur l'emploi des vinasses d'une distillerie de betteraves dans le Pas-de-Calais.

Ces vinasses, d'une réaction franchement acide, contenaient en dissolution des sels de potasse et autres inhérents à la composition de la betterave, et, en outre, des matières organiques en suspension, provenant de la pulpe et entraînées mécaniquement. On se débarrassait de ces vinasses en les envoyant dans un vaste étang. On essaya ensuite de les envoyer dans un puits absorbant, après passage dans plusieurs fossés où restaient les matières organiques. Il passait néanmoins encore de ces matières, et des obstructions se produisaient dans le puits. Il coulait alors du liquide sur le sol, et M. Boudard fut frappé de la végétation d'un champ de blé qui en avait absorbé une certaine quantité. Il fit alors distribuer ces liquides par des rigoles creusées au soc de la charrue dans les champs en prenant soin de saturer par de la chaux l'acide sulfurique qu'elles contenaient. Toutes les vinasses de la distillerie furent ainsi absorbées en colmatages dans la campagne de 1855-1856 et produisirent de belles récoltes en plantes sarclées. Ayant quitté l'usine en 1856, M. Boudard ignore si on a continué cet emploi des vinasses, mais il croit utile, à propos de la communication de M. Durand-Claye, de faire part à la Société de ce qu'il a pu observer à cette époque.

M. TRONQUOY désire appeler l'attention de la Société sur un travail de MM. A. Brüll et A. Langlois intitulé : *Incrustation des chaudières à vapeur et divers moyens de la combattre.*

Dans un exposé, formant en quelque sorte la préface de leur étude, les auteurs font ressortir l'importance de la question, ils indiquent les inconvénients et les dangers que peut présenter l'emploi d'eaux incrustantes dans les chaudières, et ils rappellent les sacrifices qu'ont dû faire certaines compagnies de chemins de fer, tant

en France qu'à l'étranger, pour assurer aux machines des approvisionnements d'eau de bonne qualité.

Le livre est divisé en quatre parties :

La 1re partie est consacrée à l'étude de la formation des dépôts incrustants dans les chaudières alimentées soit par l'eau de mer, soit par l'eau douce;

La 2e partie rappelle la composition d'un certain nombre d'eaux et les résultats qu'elles fournissent dans l'emploi industriel.

La 3e partie traite des divers modes de construction des chaudières au point de vue de la formation des dépôts.

Dans la 4e partie enfin sont passés en revue les divers moyens employés pour combattre les incrustations.

Dans la seconde partie, les auteurs insistent sur les services qu'est appelée à rendre dans la pratique la méthode hydrotimétrique de MM. Boutron et Boudet, et ils rappellent qu'un degré de l'hydrotimètre correspond environ à un centigramme de matière dissoute par litre ou à un centimillième.

Comme conclusion des deux premières parties, MM. Brüll et Langlois conseillent de choisir, pour l'alimentation de chaudières, de l'eau provenant d'un ruisseau ou d'une nappe souterraine ayant circulé dans des terrains siliceux ou alumineux, préférablement à celle provenant de terrains gypseux ou marneux.

Dans un cours d'eau, il y a en général tout avantage à s'alimenter le plus près possible de sa source, et souvent il sera convenable, avant d'employer l'eau, de la laisser reposer dans des bassins à large surface, où se déposent à la fois les matières en suspension et une partie des carbonates calcaires qui, dissous par l'acide carbonique, se précipitent lorsque le gaz se dégage.

Dans la troisième partie, les auteurs rappellent sommairement les dispositions des chaudières généralement en usage : les chaudières à bouilleurs, les chaudières à réchauffeurs, les chaudières à foyer intérieur, les chaudières tubulaires, la chaudière Field, les chaudières mixtes à bouilleurs et à tubes, etc., etc.

Ils font voir combien la complication des dispositions et l'emploi des tubes présentent d'inconvénients au point de vue des incrustations, et comment les constructeurs ont cherché à remédier à ces inconvénients, de telle sorte que, depuis quelques années, les chaudières tubulaires ont pu recevoir de nombreuses applications.

Comme nous l'avons dit plus haut, la quatrième partie est consacrée à l'étude des moyens employés pour combattre les incrustations.

Les auteurs divisent cette section en deux chapitres : l'un consacré à l'épuration avant l'alimentation, l'autre à l'épuration après l'alimentation.

Les moyens d'épuration préalables sont : 1° l'emploi de matières chimiques; 2° le chauffage qui produit la précipitation d'une partie des sels en dissolution; 3° la distillation et enfin l'emploi d'une quantité d'eau constante alternativement vaporisée et condensée avec les condenseurs à surface.

Presque tous les procédés faisant usage de réactions chimiques comportent l'emploi de la chaux, de la baryte, de la soude ou du carbonate de soude.

Le chauffage préalable est réalisé par l'appareil de Schau, par l'hydrotmopurificateur de M. Wagner, par l'appareil Wohnlich, par l'appareil Lugand et Bassères, par l'appareil Belleville.

Il est évident que l'emploi de l'eau distillée évite toute incrustation. Pendant longtemps, on a échoué dans la construction des condenseurs à surface; mais, depuis

quelques années, des perfectionnements nombreux ont été apportés à ces appareils exécutés dans la pratique journalière pour la marine; ils tendent à se répandre de plus en plus.

M. Cousté a même songé à condenser la vapeur qui a été utilisée sans renouveler l'eau condensante, c'est ce qu'il appelle la condensation monhydrique, dans laquelle l'eau condensante est refroidie dans un refrigérant à surface à l'aide d'eau de mer pour servir indéfiniment à produire la condensation dans un condenseur à injection.

Les préservatifs employés après l'alimentation consistent :

1° A extraire l'eau à mesure qu'elle vient à saturation par rapport au sulfate de chaux;

2° A mélanger à l'eau de la chaudière des substances qui, par réaction chimique ou par des effets mécaniques, modifient la façon dont se forment les dépôts;

3° A provoquer ou utiliser, à l'aide de certaines dispositions, des mouvements de circulation pour déplacer ou pour extraire les matières en suspension;

4° Enfin à employer l'électricité pour combattre les incrustations.

M. Tronquoy, en terminant l'analyse de l'ouvrage de MM. Brüll et Langlois, en indique les conclusions.

Il faut d'abord faire choix d'une eau de la meilleure qualité possible, puis adopter le genre de chaudière qui convient le mieux aux circonstances.

Si l'eau est vraiment mauvaise, la chaudière la plus simple sera la meilleure.

Si l'eau est seulement médiocre, on pourra aborder l'emploi des chaudières tubulaires, mais en ayant recours à quelques-uns des dispositifs qui préservent les parties délicates ou en facilitent la désincrustation.

Enfin ce n'est que dans le cas d'une eau pure qu'on pourra se servir en toute sûreté des chaudières tubulaires ordinaires.

Si on se trouve malgré cela en présence des inconvénients que présentent les incrustations, il faudra avoir recours à l'un des moyens indiqués pour l'épuration préalable, et c'est en dernier ressort qu'il faut recourir aux moyens qui s'appliquent après l'alimentation; les substances chimiques n'ont en général qu'une action partielle, les appareils désincrustants à action mécanique n'ont donné que des résultats incomplets dans quelques cas spéciaux.

Les appareils électriques restent quant à présent assez capricieux dans leurs effets, mais il y a lieu d'espérer qu'ils pourront rendre plus tard des services plus complets et plus constants.

Enfin, l'extraction est le palliatif auquel on est réduit dans les chaudières marines quand on emploie le condenseur à injection.

M. Tronquoy aurait voulu faire connaître, plus complétement qu'il ne l'a fait, le travail de MM. Brüll et Langlois, digne en tous points de leurs travaux antérieurs, mais il espère que ce qu'il en a dit suffira pour inspirer le désir de le lire à tous ceux que la question intéresse.

M. Tresca dit qu'il a fait des expériences sur l'anti-incrustateur magnétique, à la demande de M. Jacobi, et qu'elles n'ont absolument rien produit. On opérait chez M. Farcot. Il eut encore à examiner, pour la Société d'encouragement, un autre appareil électrique anti-incrustateur, et les expériences faites chez MM. Warral-Elwell et Poulot donnèrent également des résultats négatifs.

Il ne faut donc accueillir qu'avec la plus grande réserve les assertions relatives aux inventions de ce genre.

M. Tresca diffère de M. Brüll au sujet de la préférence à donner aux chaudières tubulaires, qu'il croit ne devoir être employées que dans l'impossibilité de faire autrement. Les chaudières à bouilleurs sont excellentes avec une surface de chauffe suffisante, et ont plus d'élasticité dans leur production. Dans les chaudières tubulaires, au contraire, on ne peut dépasser une certaine limite de production par mètre carré de surface de chauffe, 15 kilog. environ. Au delà on obtient des résultats peu avantageux. Enfin les chaudières tubulaires sont sujettes à beaucoup de frais d'entretien et de réparations.

M. Brüll fait observer que l'enquête avait donné seulement des résultats contradictoires et qu'il convenait, pour décider de la valeur de l'appareil, d'attendre de nouvelles expériences; M. Brüll cite, à ce sujet, les passages suivants de la brochure publiée par M. Langlois et lui.

« Les effets de l'anti-incrustateur Baker ont été très-variables. D'une part, les journaux anglais rapportent des faits de désincrustation et de préservation remarquables constatés en Amérique, et d'autres faits du même genre se rapportant à des chaudières marines aussi bien qu'à des chaudières à eau douce, recueillis auprès de constructeurs et d'industriels de premier ordre de plusieurs villes anglaises. MM. Farcot, père et fils, et M. Belvalette, carossier à Paris, témoignent des résultats satisfaisants qu'ils obtiennent de cet appareil; un chemin de fer espagnol constate aussi les heureux effets de l'anti-incrustateur sur les locomotives. D'autre part, la Compagnie transatlantique et divers industriels n'ont pu réussir, malgré des essais nombreux et variés, à empêcher par ce moyen l'incrustation de leurs chaudières.....

« Les appareils électriques restent, quant à présent, assez capricieux dans leurs effets, mais il y a lieu d'espérer qu'ils pourront rendre plus tard des services plus assurés et plus constants. »

M. le Président observe que cependant les chaudières de locomotives donnent jusqu'à 25 kilog. de vapeur par mètre quarré sans être forcées.

M. Tresca fait remarquer qu'il y a 30 pour 100 d'eau entraînée.

M. Molinos croit incontestable que les chaudières tubulaires produisent plus par mètre quarré de surface de chauffe, et sont plus économiques. Il rappelle qu'en 1855, de bonnes chaudières à bouilleurs ont donné 6 à 7 kilog. de vapeur par kilogramme de houille, tandis que des chaudières tubulaires donnaient 8 et 9 kilog., et celles de Molinos et Pronnier 10 à 11 kilog., et ces expériences ont été faites sous les yeux de M. Tresca.

La température des gaz sortant des chaudières à tubes est plus basse que celle des gaz sortant des chaudières à bouilleurs, il y a donc meilleure utilisation du combustible.

M. Loiseau dit qu'une production de 25 kilog. par mètre carré est réalisable avec des chaudières à bouilleurs. A égalité de surface de chauffe, la production de vapeur par kilogramme de houille est la même avec les chaudières tubulaires qu'avec les chaudières à bouilleurs. Si on augmente la dépense de charbon par décimètre carré de grille, c'est au détriment du rendement en vapeur.

M. Tresca reconnaît avoir fait, en 1855, les expériences dont a parlé M. Molinos; il admet parfaitement l'égalité de production de vapeur pour une même surface de

chauffe dans les deux systèmes de chaudières en discussion. Les chaudières de locomotives doivent, du reste, être écartées de la comparaison qui est faite actuellement dans l'hypothèse où on a le choix entre tel ou tel système.

M. Brüll fait observer qu'il n'a pas entendu faire une comparaison générale entre les chaudières tubulaires et les chaudières à bouilleurs ; il pense que dans chaque industrie et dans chaque situation particulière le choix à faire peut être influencé par diverses conditions. Il reste toujours pour le système tubulaire l'avantage de la faible épaisseur des tubes, constituant un avantage sensible seulement avec de l'eau pure, car s'il se produit des incrustations, cet avantage disparaît très-rapidement.

La discussion s'ouvre sur le rapport de M. Morandière, relatif aux chemins de fer d'intérêt local et au système de M. Larmanjat [1].

M. Goschler demande si le frottement des boudins des roues à gorge n'est pas égal à celui des roues à boudins des chemins de fer ordinaires.

M. Larmanjat fait remarquer qu'on supprime dans son système le frottement dû au ripement dans les courbes des roues calées sur l'essieu. En Portugal, il est en train d'établir un chemin dont la première section est achevée, et qui comporte des courbes de 5 mètres de rayon. En Espagne, où les chemins de fer sont à large voie, le ripement est considérable et a suffi pour arrêter des trains dans certaines courbes.

M. le Président rappelle une autre objection faite par M. Morandière, et relative à l'usure du macadam.

M. Larmanjat se propose d'y remédier par l'emploi des bandages en caoutchouc semblables à ceux des locomotives routières Thompson.

M. Molinos désire savoir quelle proportion du poids total repose sur le rail, et quelle partie sur le macadam.

M. Larmanjat dit que 1/10e seulement du poids est supporté par les roues porteuses. L'effort de traction par tonne est de $3^k,10$ en palier.

En Portugal, la voie peut être établie pour 7,500 fr. par kilomètre.

M. Tresca demande si le chiffre $3^k,10$ indiqué comme effort par tonne est un chiffre résultant d'expériences faites à niveau, ou d'un travail en rampe, déduction faite de l'effort produisant l'élévation.

M. Larmanjat dit que c'est le résultat d'expériences faites sur une partie à niveau de 300 mètres de longueur.

M. Nordling demande dans quelles circonstances le chiffre indiqué de $3^k,10$ a varié jusqu'à 9 kil., et s'il ne serait pas convenable d'adopter comme moyenne un chiffre autre que $3^k,10$, qui ne serait à la rigueur qu'un minimum.

M. Dallot pense que lors des expériences on a dû équilibrer soigneusement la

1. La Compagnie française des *colons et produits agricoles algériens* a fait récemment une émission de 8,000 obligations, autorisée par l'assemblée générale des actionnaires du 31 mai 1866, et dont l'un des buts était :

« *La construction de chemins de fer à bon marché.* » (La Compagnie a acquis le *privilége exclusif* du système Larmanjat, adopté par plusieurs départements et par un grand nombre d'exploitations agricoles, car il ne coûte que 15,000 francs le kilomètre.) *Extrait du prospectus.*

charge pour la faire porter presque entièrement sur le rail central, tandis qu'en pratique cette répartition sera rarement obtenue.

M. Nordling demande quelques renseignements sur le chemin construit par M. Larmanjat en Portugal.

M. Larmanjat répond que la première section du chemin de fer qui doit relier Lisbonne à Torres Vedras, a été inaugurée le 6 février. La première expérience n'avait pas été des plus satisfaisantes par suite du mauvais temps ; mais lors du deuxième essai, à part quelques détails résultant de l'imperfection du matériel, qui laisse encore beaucoup à désirer, le succès a été presque complet.

Une locomotive du poids de 4 tonnes environ a parcouru 4 kilomètres en une demi-heure, sur une rampe de 8 centimètres par mètre, remorquant d'abord un seul wagon contenant 25 personnes, puis trois autres wagons de 20 personnes chaque, sur des rampes variant de 4 à 5 centimètres par mètre.

La locomotive qui a servi à faire ces expériences, quoique destinée au parcours des parties planes ou à peu près, a pu, malgré cela, gravir les pentes sans difficulté, s'arrêter et repartir à mi-côte avec la plus grande facilité. Le train a pu tourner dans des courbes d'un rayon de quelques mètres.

MM. Bertrand, Charlier, Dolabaratz, Flaman, Gerhardt, Haughton, Masson, Picard, Prus, Prudent, Severac et Taillandier ont été reçus membres de la Société.

Séance du 4 Mars 1870.

Présidence de M. Vuillemin.

Le procès-verbal de la séance du 18 février est adopté.

M. le Président donne la parole à M. Grand pour sa communication sur les huiles de pétrole.

M. Grand rappelle que déjà M. Foucou et M. Simonin ont eu l'occasion, il y a quelques années, d'entretenir la Société d'une partie des questions dont il vient parler aujourd'hui.

Aujourd'hui M. Grand se contentera d'appeler l'attention sur les quatre questions suivantes :

1° *L'origine des huiles de pétrole ;*

2° *La fabrication des huiles d'éclairage ;*

3° *Le danger que présente l'emploi des huiles de pétrole ;*

4° *L'avenir probable réservé à l'application des huiles de pétrole.*

En ce qui concerne la première question, trois théories sont actuellement en présence.

La première, née et soutenue encore en Amérique, consiste à attribuer la formation des dépôts de pétrole à la distillation des couches de houille.

La seconde théorie, également originaire d'Amérique, attribue la formation des gites pétrolifères à la décomposition de matières végétales ou animales.

Une troisième hypothèse, qui prend sa source dans les observations des savants européens, considérerait les huiles de pétrole comme le produit de véritables émanations volcaniques, condensées par pression et refroidissement dans les diverses couches de terrains superposés.

L'étude de l'allure des gisements pétrolifères, soit que ceux-ci se présentent comme de simples imprégnations, ou qu'ils constituent des amas dans les failles des terrains qui les renferment, ne semble rien décider en faveur de l'une ou l'autre de ces trois théories.

Cependant la présence du pétrole dans la plupart des terrains paraît éliminer la possibilité de la première hypothèse.

D'autre part, la coordination des gîtes de pétrole, par rapport aux axes de soulèvements des terrains environnants, semble établir une certaine relation entre l'origine de ces gisements et les phénomènes volcaniques qui ont produit ces accidents.

De plus, la relation qui paraît exister entre les dépôts de pétrole et les gisements de sel et de soufre, rapprochée de la théorie de M. Ch. Sainte-Claire Deville sur la succession des produits rejetés par nos volcans actuels, pourrait donner raison à la dernière hypothèse. Quoi qu'il en soit, il serait peut-être encore un peu prématuré d'adopter d'une manière trop exclusive l'une ou l'autre de ces théories.

La principale industrie qu'alimentent aujourd'hui les huiles de pétroles brutes est la fabrication des huiles d'éclairage.

M. Grand classe en deux catégories les appareils de distillation employés dans les divers systèmes de fabrication :

Appareils à distillation intermittente, dans lesquels il considère la distillation dans une seule ou plusieurs chaudières ;

Appareils à distillation continue, parmi lesquels il décrit spécialement celui de M. Martin.

M. Grand pense que l'application de la vapeur surchauffée à la distillation des huiles d'éclairage présenterait de grands avantages au point de vue de la sécurité du travail ; quelques essais ont été faits dans ce sens, mais ne paraissent pas avoir abouti.

M. Grand, traitant de l'épuration des pétroles, indique successivement un battage avec addition de 3 à 4 pour 100 d'acide sulfurique concentré, un lavage à l'eau alcaline, un lavage à l'eau pure et enfin une clarification dans des bassins de repos.

En ce qui concerne le transport des huiles brutes et raffinées, M. Grand estime les pertes par suintements à travers les joints ou même les pores du bois, par les avaries de manutention et de transport, de 10 à 50 pour 100 pour la traversée de New-York au Hâvre. Dans les docks de Marseille, on compte sur une perte de 7, 5 pour 100 pour quatre mois d'emmagasinage. Les transports essayés dans des barils métalliques ou dans des navires réservoirs en fer ont été jugés trop coûteux.

Passant à l'emmagasinage des huiles, M. Grand décrit le réservoir de M. Chiandi, membre de la Société, comme remplissant seul les conditions que l'on doit exiger de ces appareils.

M. Grand attribue aux mélanges frauduleux d'huiles lourdes et d'huiles légères

la plupart des accidents occasionnés par les huiles de pétrole; de là l'utilité de quelques essais qui donnent toute sécurité. L'examen de la densité d'une huile ne suffit pas pour en vérifier la pureté, car certains de ces mélanges, formés d'huiles lourdes et d'huiles légères, présentent la densité normale de 0,80.

Les appareils dits naphtomètres, destinés à indiquer le degré d'inflammabilité de l'huile ne donnent le plus souvent que des indications fort peu exactes.

M. Grand pense qu'on substituerait avec avantage à ce mode d'essai la détermination de la tension de vapeur au moyen de l'appareil de MM. Salleron et Urbain.

Arrivant enfin aux autres applications des huiles de pétroles, M. Grand pense qu'on trouvera un obstacle insurmontable à leur emploi au chauffage des chaudières dans l'insuffisance de la production des pétroles bruts. En effet, la production du pétrole dans l'Amérique du Nord, depuis le 1er janvier 1861 au 1er janvier 1868, n'a pas dépassé la dixième partie de la consommation de la houille en France pendant une année; et, d'autre part, la production des gisements d'Europe loin de suivre une marche croissante a plutôt diminué sur plusieurs points.

D'autre part, la cherté des matières premières a jusqu'ici arrêté l'extension de l'application de pétrole à la fabrication du gaz d'éclairage, bien que le pouvoir éclairant de ce gaz soit supérieur à celui du gaz ordinaire.

M. Grand termine en disant que l'éclairage à l'aide d'un mélange d'air atmosphérique et de vapeurs hydrocarburées, bien qu'ayant subi certaines améliorations dans ces dernières années, ne paraît pas encore avoir atteint la perfection nécessaire à une application avantageuse.

M. Laming demande si l'on ne pourrait pas utiliser les huiles lourdes au graissage des machines; pour sa part, il a obtenu des résultats très-satisfaisants, en faisant dissoudre dans les huiles lourdes 1 à 2 pour 100 de savon desséché à l'étuve. Les graisses ainsi préparées ne sont pas d'un usage général, et M. Laming, le premier, reconnaît que pour les chemins de fer il faut des graisses spéciales.

M. le Président observe, en effet, que les huiles lourdes dissoutes dans des huiles végétales sont actuellement employées au graissage; mais, si ces mélanges peuvent être employés pour les wagons, ils sont d'un mauvais usage pour les locomotives.

M. Grand dit qu'on a fait beaucoup d'essais de ce genre, mais en général ils n'ont pas réussi, — au chemin de fer de Lyon, par exemple. Cependant, en Amérique, on en est très-content; certaines huiles de pétrole sont plus particulièrement propres à ces applications. En Allemagne, on a songé à employer les huiles de pétrole à liquéfier les huiles végétales qui se concrètent à une trop basse température. Personnellement, M. Grand n'a pas obtenu de bons résultats dans les quelques essais qu'il a faits.

M. Maldant demande à M. Grand s'il ne pourrait pas donner à la Société quelques détails sur l'application des huiles légères de pétrole à l'éclairage.

M. Grand répond que cette question est actuellement en état de transformation, mais n'a pas encore reçue de solution industrielle.

M. Maldant pense que l'usage des carburateurs ne permettra pas l'éclairage à distance, car il semble qu'il serait difficile d'empêcher les condensations entre les carburateurs et les becs.

M. Grand répond que généralement en effet l'application de ce mode d'éclairage

a été faite sur de faibles distances; il cite dans cet ordre d'idées des appareils dans lesquels les carburateurs sont dissimulés dans le corps même des candélabres.

M. Derennes ne partage pas l'opinion de M. Grand sur l'éclairage à distance, et il cite à ce sujet quelques résultats d'une étude qu'il a poursuivie pendant plusieurs mois sur l'éclairage par l'air carburé.

Le liquide qui servait à la carburation était un hydrocarbure très-léger, pesant 650 à 670 grammes par litre, et entrant en ébullition à 30° centigrades. La tension de la vapeur de ce liquide est par conséquent considérable à la température ordinaire. A 20°, un mètre cube d'air saturé à la pression atmosphérique contient environ 1400 grammes d'hydrocarbure, et constitue ainsi un véritable gaz combustible et non explosif (il faudrait environ 16,500 litres d'air pour la combustion complète de ce gaz, et le mélange n'en contient que 600, soit 2 1/2 à 3 pour 100.) A la température de zéro, l'air carburé saturé contient encore 980 à 1000 gr. d'hydrocarbure par mètre cube.

Mais en pratique on est loin d'atteindre l'état de saturation. Dans les expériences de M. Derennes, avec un carburateur bien construit, à la température de 20°, un mètre cube d'air enlevait environ 800 grammes, et produisait un gaz carburé contenant environ 650 grammes de carbure par mètre cube. Dans ces conditions, il ne paraît pas qu'il y ait de condensations à craindre.

M. Derennes ajoute que la carburation de l'air présente un inconvénient bien autrement grave, selon lui. Quand on commence à mettre les appareils en marche, l'air se charge d'une quantité convenable de vapeurs; mais la vaporisation donne lieu à un refroidissement de plus en plus grand du carburateur, refroidissement qui peut se manifester par un dépôt de rosée ou même de givre et cela précisément au moment où les parties les plus légères se sont déjà dégagées. La quantité de carbure volatilisé diminue; le pouvoir éclairant s'abaisse, et l'éclairage qui a été très-brillant pendant une ou plusieurs heures devient tout à fait mauvais.

M. Regnard dit que, dans plusieurs appareils, on a remédié à cet inconvénient en consacrant un bec spécial au chauffage du carburateur.

M. Derennes a remarqué qu'en effet, dans la plupart des appareils qu'on a proposés depuis quelques temps, on a prévu les moyens de chauffer les carburateurs, *s'il y a lieu*, sans qu'on insiste d'ailleurs sur la nécessité de cette opération. C'est une complication réelle, d'autant plus fâcheuse qu'avec un liquide aussi inflammable et doué d'une aussi forte tension, il est indispensable que toute lumière artificielle et tout foyer direct soient tenus éloignés du carburateur, toutes les manipulations devant être faites au grand jour.

M. Derennes a calculé que si l'on voulait, en chauffant l'air à carburer, restituer au carburateur la quantité de chaleur absorbée par la volatilisation du liquide (sans se préoccuper d'ailleurs de ce que vaudrait en pratique un tel moyen), il ne faudrait pas élever la température de cet air à moins de 400 degrés.

M. Derennes a également constaté que l'éclairage par les huiles légères est plus coûteux que par les huiles ordinaires de pétrole à la densité 0,800. Il y a d'ailleurs un certain nombre de raisons théoriques qui concourent à prouver que l'hydrocarbure léger, plus cher que le pétrole ordinaire, doit donner, à poids égal, une moindre quantité d'unités de lumière.

M. Brüll rappelle que M. Grand, en indiquant les essais tentés pour l'utilisation des pétroles au chauffage des chaudières, a insisté sur la pénurie de la matière, et il demande si M. Grand ne pourrait pas donner à la Société quelques détails sur les gisements de Galicie et d'Amérique.

Au commencement de l'exploitation loin de ménager la mine, on la saccage. Par exemple, des sondages faits en Amérique ont donné de tels jets que des quantités considérables de pétrole ont été perdues par insuffisance des moyens de le recueillir. M. Brüll pense que l'on pourrait obtenir des mines actuellement connues des quantités de pétrole beaucoup plus importantes, du moment où l'on introduirait dans l'exploitation les perfectionnements réalisés aujourd'hui dans l'industrie des mines de houille. D'autre part, les terrains de déblai eux-mêmes pourraient être avantageusement distillés.

M. Brüll, à propos de la crainte exprimée par M. Grand que la production du pétrole ne fasse défaut aux applications nouvelles de ce produit, fait observer que l'exploitation en est encore bien récente, que les gisements ne sont pas encore délimités et que les procédés d'extraction sont restés fort primitifs.

On trouve, en effet, dans l'intéressant mémoire de M. Grand et dans les rares publications qui traitent de l'extraction du pétrole, des renseignements qui permettent de voir sous un jour plus favorable l'avenir de cette industrie. Il y a du pétrole dans un grand nombre de contrées du nouveau monde; on en trouve sur une ligne étendue en Galicie. Sans parler des autres pays de l'Europe où la présence du pétrole a été signalée, ces deux sources de production paraissent susceptibles de livrer des masses d'huile énormes. Il n'est pas rare de voir en Amérique un seul puits donner deux et trois mille hectolitres par jour. Quelquefois même, on a perdu le liquide faute d'avoir assez de vases pour le contenir, ou bien l'on a barré des vallées pour en faire des réservoirs.

En Galicie, bien qu'on n'ait pas atteint jusqu'ici des débits aussi abondants, le sol entier, sur une épaisseur de 150 à 200 mètres qu'ont traversé les trous de sonde, s'est montré imprégné de pétrole.

En face de cette abondance, l'exploitation est naturellement assez barbare; aussi on se contente de faire des sondages peu profonds et très-rapprochés; on n'atteint pas le gisement par des puits et des galeries et on n'extrait pas pour les distiller les roches les plus riches en huile.

Il est à espérer que lorsque l'exploitation du pétrole sera plus ancienne et plus répandue elle deviendra aussi perfectionnée que celle de la houille, et fournira une production très-importante.

M. Grand répond que sans doute on arrivera à produire d'avantage, mais que les gisements de Galicie semblent cependant moins riches que ceux d'Amérique. Il a dû d'ailleurs s'en tenir aux faits actuels.

M. Grand sait que le matériel d'extraction est très-défectueux; mais si quelques puits ont fourni, un grand nombre se sont épuisés immédiatement, de sorte que les ressources de l'exploitation ne pourraient fournir à une installation plus complète.

Pour les chaudières de locomotives et de bateaux, le chauffage au pétrole présenterait de grands avantages, et pourtant la production limitée à cet usage resterait bien en dessous des demandes. M. Grand espère qu'on arrivera, par une étude plus approfondie des huiles de pétroles, à tirer parti de leurs nombreuses propriétés dans des applications nouvelles, et qu'alors sans doute on pourra employer avec avantage

les gisements d'Europe. M. Grand rappelle, à ce sujet, les travaux récents de M. Sainte-Claire Deville sur le pétrole.

M. LE PRÉSIDENT, résumant les conclusions de M. Grand, dit que jusqu'à présent, à part quelques usages peu importants, les huiles de pétrole ne sont employées industriellement que pour l'éclairage. Cependant il serait intéressant d'avoir quelques renseignements sur les tentatives qui ont été faites dans le but d'appliquer ces huiles au chauffage. M. le Président prie M. Dieudonné d'exposer à la Société les résultats des expériences qu'il a faites sur ce sujet.

M. DIEUDONNÉ observe d'abord que la possibilité d'utiliser les huiles minérales comme source de chaleur est admise par des savants distingués. M. Foucou, qui avait visité tous les terrains pétrolifères, et dont la compétence en ces matières était bien connue, avait une foi profonde dans l'avenir de ce nouveau combustible, non pas pour remplacer la houille, mais pour lui venir en aide.

Une application sérieuse de chauffage par l'huile minérale a été faite au chemin de fer de l'Est, en 1868 et 1869, sous l'inspiration de M. H. Sainte-Claire Deville. On a brûlé de l'huile lourde, provenant de la distillation de la houille.

M. DIEUDONNÉ montre à la Société le modèle de l'appareil appliqué d'abord sur une petite locomotive de 60 mètres carrés de chauffe. L'huile est emmagasinée dans une caisse de 2,000 litres, placée dans le tender ; de là une pompe à bras la refoule par intermittence dans un réservoir plus petit, placé sur le corps cylindrique de la chaudière. Puis un tuyau l'amène, avec une chute de $1^m,80$, dans un appareil distributeur.

La fonction de ce distributeur est de répartir l'huile en vingt filets verticaux, d'un égal débit ; ces vingt filets tombent sur la grille, qui renferme autant de barreaux.

La grille est la partie fondamentale du système. Elle est établie sur le même principe que celle appliquée antérieurement sur le yacht impérial *le Puebla*. Les barreaux sont verticaux ; chaque filet d'huile brûle entouré de deux lames d'air. La section totale de l'entrée d'air est de $\frac{1}{4}$ décimètres carrés. On peut la diminuer plus ou moins à l'aide d'un registre manœuvré par une vis.

Le foyer est fermé en bas par une cage de briques ; la porte ordinaire est condamnée, de façon que l'air entre seulement par la grille. Deux voûtes intérieures infléchissent deux fois les gaz de la combustion, avant qu'ils s'engagent dans les tubes, de manière à assurer la fumivorité.

M. DIEUDONNÉ donne ensuite quelques renseignements sur les expériences. L'allumage a été très-facile, à cause de l'extrême division de la masse d'huile. La production de vapeur a été considérable ; la machine a traîné 90 tonnes en palier, à la vitesse de 60 kilomètres à l'heure. Le mécanicien, ayant sous la main les deux manivelles qui règlent les quantités d'huile et d'air, conduisait avec beaucoup de facilité ; la fumivorité était complète.

Une seconde application a été faite sur une machine plus puissante (100 mètres carrés de chauffe, quatre essieux couplés).

Même disposition pour la distribution d'huile ; mais beaucoup moins de briques à l'intérieur du foyer ; les deux voûtes ont été remplacées par un bouilleur système Tembrinck. La nouvelle machine a bien fonctionné ; elle a remorqué des trains de voyageurs réguliers entre Épernay, Reims et Bar-le-Duc. La charge a atteint quatorze voitures sur rampe de 9 millimètres.

La première machine a parcouru 3,000 kilomètres, et la deuxième 2,000 kilomètres. La consommation d'huile a été de 68 pour 100 en poids, comparativement à la briquette de bonne qualité. Un kilogramme d'huile a produit 12 kilogrammes de vapeur.

En résumé, on peut dire que les essais du chemin de l'Est ont conduit à un appareil déjà pratique.

M. Le Brun demande si M. Dieudonné a connaissance d'un appareil où l'huile, par un seul tube en forme de serpentin, était envoyée à l'état de gaz dans le foyer. Le rendement de l'appareil était également de 12 à 14 kilogrammes d'eau vaporisée par 1 kilog. d'huile.

M. Dieudonné répond que si la machine de l'Est est bien conduite, l'huile arrivant liquide en haut de la grille ne descend pas jusqu'au bas, mais qu'elle est consommée dans son trajet; l'appareil est donc lui-même son vaporisateur.

M. le Président ajoute que dans des expériences faites en Angleterre, M. Crampton a obtenu 13 kilos de vapeur par kilogramme d'huile.

M. Debenne demande quelle quantité d'air il fallait pour brûler 1 kilo d'huile.

M. Dieudonné estime à 10 à 12 mètres cubes la quantité d'air nécessaire.

M. le Président remercie MM. Grand et Dieudonné de leur intéressante communication, le mémoire de M. Grand sera inséré *in extenso* dans l'un des bulletins trimestriels.

MM. Erckmann, Gaultier, Noblet et Plazanet ont été reçus membres sociétaires.

Séance du 18 Mars 1870.

Présidence de M. L. Vuillemin.

Le procès-verbal de la séance du 4 mars est adopté.

M. le Président a le regret de faire part à la Société de la mort d'un de ses membres, M. Debauge, ancien élève de l'École Centrale, puis successivement ingénieur des chemins de fer de Montereau à Troyes, de Tours à Nantes et du Midi. M. Debauge s'était particulièrement occupé dans ces dernières années des chemins de fer économiques; c'est lui qui a construit la ligne de Fougères à Vitré. Une notice sur la vie et les travaux de M. Debauge sera insérée dans le bulletin de la Société.

M. le Président donne la parole à M. Jordan pour une communication sur un travail de MM. Troost et Hautefeuille ayant pour but de déterminer la puissance calorifique du bore et du silicium.

M. Jordan présente à la Société, de la part de MM. Troost et Hautefeuille, un

exemplaire de leur note insérée dans les comptes rendus de l'Académie des Sciences, et qui est relative aux chaleurs de combinaison du bore et du silicium avec le chlore et l'oxygène. Le but principal du travail de ces savants chimistes était la détermination de la puissance calorifique du silicium, c'est-à-dire de la chaleur de combinaison de ce corps avec l'oxygène. Ils n'ont pu y arriver d'une manière directe, à cause de la fixité du produit de l'oxidation, la silice, qui enveloppe les fragments de silicium, et qui empêche la combustion, à peine commencée, de se continuer. Ils ont été obligés d'imaginer une série d'expériences ingénieuses pour obtenir le chiffre final désiré, expériences qui ont entraîné la détermination préalable de la puissance calorifique du bore. Voici les deux chiffres :

1 kilog. de bore, brûlé par l'oxygène, fournit.	14,420	calories.
1 kilog. de silicium —	7,830	—

La discussion, qui a eu lieu à la Société en juin 1869 et dans laquelle M. Jordan, en étudiant la manière dont des fontes de diverses teneurs en silicium se comportent à l'appareil Bessemer, avait avancé le chiffre de 8,000 calories comme puissance calorifique du silicium, a été l'une des causes déterminantes du travail de MM. Troost et Hautefeuille. C'est pourquoi M. Jordan regarde comme un devoir d'indiquer les obligations que les métallurgistes auront aux deux habiles expérimentateurs de l'École normale.

Leurs expériences donnent le cachet de la certitude à des considérations théoriques qui ne reposaient jusqu'à présent que sur une base hypothétique, quelque probable qu'elle fût ; et on sait que toutes les fois que la théorie réussit à expliquer d'une manière certaine des faits pratiques, il en résulte des progrès et des avantages matériels pour l'industrie intéressée.

M. Jordan, dans une note insérée au Bulletin, a déjà exposé à la Société le rôle du silicium dans la fabrication de l'acier par le procédé Bessemer, et les conclusions que les praticiens en peuvent tirer pour le choix des fontes convenables.

Il profitera de cette occasion pour dire que dans l'affinage de la fonte au four à reverbère, connu sous le nom de *puddlage*, le silicium de la fonte joue certainement un rôle, qui n'a été indiqué jusqu'à présent à sa connaissance par aucun métallurgiste, mais qui ne lui en paraît pas moins certain. La transformation du silicium en silice, soit par l'oxygène de l'air, soit surtout par l'oxygène des oxydes de fer, amène toujours une élévation de température et une augmentation de fluidité du bain. Au contraire, la transformation du carbone de la fonte en oxyde de carbone par l'oxygène des oxydes de fer amène une perte de chaleur et par suite un épaississement du bain. Les théoriciens qui ont étudié le puddlage, comme les praticiens qui ont cherché à le perfectionner, ne se sont pas assez préoccupés de ces phénomènes calorifiques.

Ce point de vue est tout aussi important, plus important encore peut-être, dans l'étude de l'affinage au bas foyer. Pour ne parler que du fer, M. Jordan rappelle qu'on attribue ordinairement et uniquement à la qualité spéciale des fontes affinées et à la pureté du combustible végétal employé la supériorité des fers dits *au bois* obtenus dans les fours comtois sur les fers dits *à la houille* obtenus dans les fours à puddler. M. Jordan croit qu'on oublie la raison principale de cette supériorité, qui est que le fer au bois est un produit ayant subi une fusion dans le bas foyer et s'étant dépouillé par une liquation, pour ainsi dire de lui-même, des scories provenant de l'affinage, tandis que le fer à la houille est formé de grains ou cristaux qui se sont

formés dans une scorie, n'ont pas été fondus depuis leur naissance, mais se sont soudés seulement les uns aux autres aussi bien que la nature plus ou moins fluide des scories interposées le leur a permis, scories qu'on a cherché ensuite à éliminer aussi complétement que possible par un travail de compression. La loupe ou *pièce*, comme disent les forgerons comtois, est une masse qui a été fondue, qui ne présente point de scories interposées dans son intérieur et tout au plus quelques-unes dans les cavités ou cavernes superficielles résultant de l'irrégularité de la forme. Plus la température a été élevée, plus le fer est homogène. Nos excellents fers de Comté et du Berry sont obtenus par l'affinage de fontes très-grises, toujours assez siliceuses. Ce n'est que leur rendre justice que de dire que les fers bruts au bois de ces deux régions provenant de fontes grises siliceuses sont supérieurs aux fers bruts, également au bois, que la Champagne et la Bourgogne fabriquaient autrefois avec des fontes truitées et blanches ; aussi sont-ils les seuls qui aient pu se maintenir jusqu'à présent, grâce à leur qualité. Il se produit dans le feu comtois de véritables combustions intermoléculaires, par l'effet desquelles la température de la masse métallique est bien plus élevée que dans le four à puddler. Grâce à la haute température fournie en partie par la combustion du silicium dans l'affinage des fontes grises devant les tuyères, nos maîtres de forges comtois ont appris à dissoudre dans leurs loupes des proportions de riblons ou rognures de tôle qui vont jusqu'à 50 °/₀ du poids de la pièce obtenue.

En finissant, M. Jordan exprime l'espoir que MM. Troost et Hautefeuille compléteront leur travail en déterminant les chaleurs de combinaison du fer et du manganèse qui sont imparfaitement connues par les anciens travaux de Dulong, et permettront ainsi d'établir complétement la théorie de l'affinage au point de vue calorifique comme au point de vue chimique..

M. LE PRÉSIDENT donne la parole à M. Laming pour sa communication sur les variations de pression du gaz d'éclairage et les moyens d'y remédier.

M. LAMING expose que la quantité de gaz consommé dans Paris et dans la banlieue a pris, depuis quelques années, un développement très-considérable. Elle a doublé depuis sept ans et elle est pour 1869 de 145,500,000 mètres cubes.

Cependant la canalisation établie dans l'origine par les compagnies fusionnées n'a pu être remaniée complétement, et elle doit, au moins pour la partie spécialement afférente au réseau de distribution, suffire aujourd'hui à des besoins qui n'étaient certes pas prévus à son origine. Il n'est donc pas étonnant que la crainte d'une insuffisance prochaine ait été éprouvée par les ingénieurs distingués chargés de ce service par la Compagnie Parisienne.

Le moyen pris par eux pour remédier à cette insuffisance a été suggéré par l'idée qu'un tuyau de gaz est en état de donner un débit double de son débit normal s'il peut être alimenté à ses deux extrémités. A cet effet, il a été posé au départ des usines des canalisations de $0^m,60$ de diamètre, se rendant directement dans les centres de consommation, et y fournissant un approvisionnement de gaz aux tuyaux de distribution qui continuaient néanmoins à puiser à l'usine comme par le passé; de là une augmentation très-sensible dans la puissance du réseau de distribution.

Mais ces conduites, quoique en assez grand nombre, n'en sont pas moins insuffisantes encore : Il y en a quatre, de $0^m,60$ de diamètre, partant de l'usine de la Villette, et cependant cet établissement est limité dans sa production par des difficultés d'écoulement.

On a dû, en conséquence augmenter aussi la pression d'émission qui a été élevée à 140 millimètres de pression d'eau. Nous avons été engagé, par les considérations qui précèdent, à étudier la question, et nous avons fait établir des indicateurs permanents de pression sur divers points de Paris.

M. Laming fait la description des indicateurs et communique des tableaux récapitulatifs des pressions relevées pendant l'année 1869 :

En décembre, à l'Hôtel de Ville, la pression a été en moyenne de $34^{m}/_{m},13$ pression minima, et de $91^{m}/_{m},35$ pression maxima. Il y a donc eu une perte de pression, de l'usine au centre, qui est de $140 - 91^{m}/_{m},35 = 48^{m}/_{m},65$, au moment de la consommation de la soirée.

Il serait à désirer que l'on pût régler la sortie du gaz des usines de telle façon que la pression soit rendue constante, au moins sur le même point ; mais cela n'est guère praticable, en raison des besoins différents de chaque quartier. Le Marais, par exemple, a son maximum de consommation de 4 à 6 heures du soir. Le quartier du boulevard des Italiens, au contraire de 6 à 10 heures.

Ajoutons à ces difficultées celles résultant des différences de niveaux qui donnent, dans le XVIII^e^ arrondissement, par exemple encore, des augmentations de pression de près de 70 millim, sur celle de l'Hôtel de Ville ; l'on se rendra compte alors des obstacles à surmonter pour arriver à régulariser la pression dans toute la ville.

Nous n'avons pas besoin d'insister sur les inconvénients des variations produites dans la même journée qui atteignent souvent le chiffre de 50 millim. sur le même point de Paris, et qui obligent les consommateurs à régler incessamment le débit de leurs brûleurs. La consommation variant en raison directe de la racine carrée des pressions, il arrive qu'en l'absence de surveillance les becs filent, les verres cassent, etc.

D'un autre côté, l'augmentation de pression dans les usines cause à la Compagnie Parisienne du gaz un dommage pécuniaire qui mérite l'attention de cette dernière. Le gaz comprimé occupe un volume moindre et comme elle le vend au mètre cube, il s'en suit qu'elle n'en touche pas le prix intégral. Cependant les consommateurs n'en profitent pas, car, brûlant le gaz sous une haute pression, c'est-à-dire dans de détestables conditions, ils n'en tirent pas la quantité de lumière que ce gaz devrait fournir.

Comme le mesurage du gaz se fait au moyen de compteurs, c'est-à-dire d'instruments qui, s'ils sont pratiques, ne sont pas parfaits, il s'en faut, nous avons voulu nous rendre compte de leur sensibilité et il résulte d'expériences nombreuses (dont M. Laming donne le détail) que la perte de mesurage est de 1 à 1,25 °/₀ lorsque la pression atteint 100 millim.

En chiffrant ces pertes, sur une recette de 33 1/2 millions de francs, on voit qu'il résulterait de l'augmentation de pression une perte, pour la Compagnie, de près de 400,000 fr. annuellement. N'oublions pas que, sur les hauteurs de Paris, le gaz est consommé sous une pression de 160 millim. La Compagnie a donc tout intérêt à chercher à la diminuer.

C'est ce qu'elle a tenté de faire au moyen des régulateurs d'usines employés à l'émission. (Ici M. Laming détaille les principaux organes des régulateurs Giroud et Servier.)

La pratique n'a pas encore prononcé, mais il est permis de dire que, si ces appareils peuvent donner des résultats satisfaisaisants sur un petit réseau comme celui d'Orléans, par exemple, il n'en est pas de même pour Paris ou la canalisation est si étendue et si compliquée.

La solution paraît donc devoir être dans l'emploi des régulateurs de pression sur les lieux mêmes de consommation, c'est-à-dire chez les abonnés.

Bien des inventeurs ont fait breveter des appareils destinés à régler la pression dans ces conditions. Nous diviserons ces appareils en trois groupes, savoir :

1° Régulateurs à eau :
2° Régulateurs à mercure;
3° Régulateurs secs ou à membranes ;

1° *Régulateurs à eau.*

Les régulateurs Brunt, Siry-Lizars, etc., consistent dans une cloche soutenant une soupape fermant le passage du gaz. La cloche plonge dans un réservoir d'eau; le gaz arrive sous la cloche, de sorte que, lorsque la pression augmente, la cloche est soulevée, ce qui ferme l'orifice d'émission.

L'action défectueuse des régulateurs en général est due à la pression du gaz sur les soupapes elles-mêmes. Aussi M. Giroud a-t-il eu l'idée de contrebalancer cette pression par une autre pression exercée en sens contraire sur une surface de même dimension. Mais il a exagéré le moyen de compensation ; il en est résulté que, dans son régulateur, l'erreur contraire se produit. En effet, la contre-pression agit sur une surface toujours constante, tandis que la pression sur la soupape, n'agissant que sur la section du cône engagée dans l'étranglement, est d'autant plus faible que la pression elle-même est plus près de 0, et que le cône par conséquent s'écarte de l'orifice.

M. Brunt a imaginé un système de double cône. Mais la réussite, absolue en théorie, a complétement fait défaut en pratique à cause de la difficulté d'arriver à une exécution assez parfaite pour obtenir la fermeture du passage du gaz alors qu'il ne reste plus qu'un ou deux becs en service.

M. Garnier a aussi construit un régulateur hydraulique reposant sur le système des soupapes coniques simples ; mais il y a ajouté un système de levier et de rouages destinés à mettre en mouvement une aiguille de cadran pour indiquer la consommation du gaz pendant le service, et une sonnerie pour les cas de fuite ; il a faussé le régulateur qui exige une différence assez sensible de pression pour mettre ses organes en mouvement. Cependant cet instrument, qui frappe les yeux, est un de ceux les plus généralement employés par les limonadiers et les cafetiers.

MM. Nicolle et Cie, sous l'inspiration de M. d'Hurcourt, ont voulu renverser l'action de la soupape. Mais l'inconvénient signalé subsiste toujours.

2° *Régulateurs à mercure.*

M. Ferguson a imaginé un régulateur dont la cloche, construite en aluminium, plonge dans une cuve à mercure. (M. Laming en présente une coupe.)

Cet appareil a donné lieu à quelques accidents et notamment à une explosion au coin de la rue de la Michodière. Du reste, tous les régulateurs à liquide présentent le même danger, celui de voir l'eau ou le mercure disparaître, par incurie ou accident, et d'occasionner ainsi une fuite énorme du gaz.

3° *Régulateurs secs ou à membranes.*

Ce danger a amené la création des régulateurs secs dans lesquels la cloche est remplacée par une membrane en peau imprégnée d'huile. (M. Laming en présente une coupe et un modèle.)

Cet appareil, inventé en Angleterre par Sugg, y a été assez généralement adopté. En France, M. Laming prit un brevet en 1862, dans le but unique de le lancer dans le domaine public. Depuis, MM. Brunt et Cie en ont fabriqué des quantités considérables. Ces appareils ont été essayés, rue de Rivoli par le service municipal. Mais, en raison de la différence des métaux qui ont servi à leur construction, il s'est produit chez eux une action corrosive, résultat, croyons-nous, d'une action voltaïque qui, occasionnant de nombreuses réparations, les a fait rejeter.

Tout récemment, M. Maldant a fabriqué un autre régulateur, celui dont nous avons donné la coupe, mais qui est tout en étain. Les essais faits sur la voie publique ont prouvé que l'entretien en était peu coûteux, mais il y a toujours à craindre les engorgements de naphtaline, surtout dans le cas où l'inventeur demanderait à poser un robinet sous son régulateur pour empêcher la cohésion des soupapes à leur siége.

Ces appareils nous paraissent devoir rendre de grands services chez les abonnés au gaz où les inconvénients de condensation du naphtaline constatés sur la voie publipue peuvent ne pas avoir lieu.

En résumé :

Les variations de la pression du gaz sont la conséquence forcée d'une consommation de gaz qui augmente sans qu'il soit possible d'accroître en proportion équivalente le diamètre du réseau de distribution, et résultent aussi des différences de niveau existant dans Paris.

L'établissement d'un régulateur automatique à l'usine a d'abord paru être la solution à chercher; mais la réflexion en a démontré l'impossibilité, et la véritable solution semble résider dans l'emploi des régulateurs par les abonnés eux-mêmes. Dans certains cas et principalement dans les quartiers élevés, la Compagnie Parisienne pourrait avoir intérêt à les placer elle-même avant le compteur; les abonnés n'y perdraient pas, car ils brûleraient le gaz dans de bien meilleures conditions. Nous avons détaillé les différents appareils inventés pour remplir le but désigné. Nous n'en préconisons aucun, mais nous pouvons dire que, si aucun n'a encore atteint un degré complet de perfection, ils sont tous déjà assez efficacement conditionnés pour pouvoir rendre de véritables services. Malheureusement le public parisien se contente de crier contre la Compagnie Parisienne qui est coupable à ses yeux d'avoir un monopole, et ne cherche pas, suppose-t-il, à employer les moyens qui lui sont offerts pour obvier aux inconvénients qui le gênent.

M. Brüll a lu dans un rapport d'ingénieur allemand la description d'un régulateur analogue servant à détendre, pour l'amener à la pression ordinaire de combustion, le gaz renfermé dans des cylindres à plusieurs atmosphères, pour l'éclairage des trains de chemins de fer en Amérique. Il se compose aussi d'un obturateur à soupape, cette soupape étant mue par un diaphragme en caoutchouc.

M. Maldant pense que le caoutchouc est de peu de durée.

M. Laming a eu occasion de voir démonter à Londres des tuyaux avec joints en

caoutchouc servant au passage du gaz sous un pont suspendu. Le caoutchouc était comme bituminé, et tout à fait hors de service.

M. MALDANT dit que le caoutchouc se comporte mal à l'action du gaz d'éclairage, et que son usage doit être abandonné dans la construction des appareils de cette nature.

M. SPARRE parle d'un caoutchouc rouge anglais qu'il croit inattaquable.

M. MALDANT répond qu'il a eu occasion de faire de nombreuses expériences à cet égard, parce qu'il ne voulait employer, dans la construction des *régulateurs secs*, que des substances tout à fait inattaquables au gaz; et qu'il avait aussi intérêt à savoir si des membranes en caoutchouc pourraient être appliquées sans inconvénients dans certains cas spéciaux.

Les résultats de ces divers essais, faits sur des *gommes presque pures*, sur des caoutchoucs dits *minéralisés* et *vulcanisés*, et sur des *tissus* à base de caoutchouc, ont été très-sensiblement les mêmes, c'est-à-dire : 1° résistance très-longue et convenable du caoutchouc au gaz *sec* (sauf toutefois la pénétration et la déperdition du gaz à travers les pores du caoutchouc non glacé); 2° attaque et destruction rapides du caoutchouc par des hydrocarbures liquides et solides, qui sont souvent entraînés et déposés par le gaz. Des membranes diverses en caoutchouc, appliquées sur des régulateurs d'expériences dans des usines à gaz à proximité des condensations, ont toutes été fortement attaquées ou détruites en quelques mois de service. »

UN MEMBRE demande si l'on peut avoir entière confiance dans la durée de la peau.

M. MALDANT dit que la peau, quand elle est bien choisie, et notamment la peau de chevreau, peut être considérée comme tout-à-fait *inattaquable* par le gaz sec ou humide. Un grand nombre de régulateurs secs, en fonction depuis plusieurs années, ont été visités à diverses reprises et à de longs intervalles, et aucun d'eux n'a laissé apercevoir un commencement quelconque de détérioration.

Il y a d'ailleurs des procédés de préparation qu'il est facile d'employer et qui assurent à la peau une durée presque illimitée; ainsi, sous ce rapport, l'expérience a largement prononcé : elle a été faite sur une grande échelle, et de longue date, sur les *compteurs secs*, qui sont garnis de peau.

M. MALDANT rappelle qu'il a eu occasion, dans une récente séance, de critiquer le *compteur* sec, qu'il considère comme très imparfait, en tant qu'instrument *mesureur;* mais il dit que ce système de compteurs (dans lequel le métal est souvent usé avant la peau) a eu, dans le cas spécial qui occupe la Société, l'avantage de prouver péremptoirement l'inaltérabilité du cuir par le gaz.

M. MALDANT dit que les robinets ou les obturateurs *fixes* quelconques ne *peuvent pas* régler la pression; on ne saurait se faire une idée, sans avoir étudié spécialement ces sortes de questions, de la multitude des moyens de ce genre qui ont été proposés et essayés, tant sur les tuyaux que sur les becs; mais aucun de ces moyens n'a été ni ne pourrait être efficace.

Il est évident que si, au moyen d'un robinet *quelconque*, on rétrécit la section d'écoulement du gaz, dans un conduit ou dans un brûleur, on détermine, à la *sortie* de ce robinet, une pression plus faible que celle qui existe avant lui : mais, que cette pression d'arrivée varie et la pression de sortie variera comme elle. Il n'est donc pas *sérieux* d'appeler de tels agencements des *régulateurs;* ils présentent sou-

vent des complications regrettables, et ne sauraient offrir que des désavantages sur le simple robinet ordinaire.

M. le Président demande le prix d'un petit régulateur d'un bec, et si l'on fait des régulateurs secs pour régler plusieurs becs à la fois? Il demande aussi quels sont les divers avantages qui résultent de l'application de ces appareils.

M. Maldant répond que ces régulateurs d'un bec (dits de lanternes) se vendent 6 francs, avec une remise qui varie selon l'importance des commandes; ces régulateurs sont plus spécialement destinés aux Compagnies gazières et aux municipalités, pour l'éclairage des lanternes publiques. Mais il construit également, sur les mêmes donnnées, des régulateurs secs d'*abonnés* de 3 becs à 100 becs, et des régulateurs d'*usines* des plus grandes dimensions. Ces régulateurs, indépendamment des avantages qui résultent pour eux de la suppression de l'eau et de l'entretien de son niveau, sont aussi beaucoup moins coûteux que les régulateurs hydrauliques.

Les avantages principaux résultant de l'emploi des régulateurs peuvent s'exprimer en deux mots : *régularité* de la lumière, *économie* de consommation.

La régularité, résultat de la constance de la pression, supprime toute combustion incomplète du gaz : on n'a plus de filage des becs, de rupture des verres, d'échappement de gaz d'odeur désagréable et nuisible aux étoffes, aux dorures, etc; plus de ces variations brusques de lumière si fatigantes pour les yeux; enfin la lumière du gaz devient aussi fixe que celle de la meilleure lampe carcel.

Sous ce rapport, l'usage des régulateurs doit supprimer toute espèce d'hésitation à l'adoption du gaz dans les maisons et les appartements particuliers, où il ne peut plus procurer aux consommateurs que des avantages importants sur les anciens modes d'éclairage.

Quant à l'économie résultant de l'emploi des régulateurs secs, elle est généralement de 25 à 30 pour 100 de la consommation non réglée. Du reste, cette économie varie dans de notables proportions, selon la canalisation, le mode de brûleurs employés, etc. Le point le plus important (et souvent le plus négligé), dans l'établissement d'une bonne canalisation, est de l'établir réglementairement, c'est-à-dire avec des dimensions suffisantes pour former *réservoir*, et pour que la pression n'y soit pas sensiblement modifiée par l'écoulement du gaz.

M. Laming a constaté au Théâtre-Lyrique une économie de 8 pour 100, sur la moyenne d'une année, depuis la pose des régulateurs.

M. Debrunes dit que ces résultats si différents doivent être attribués à la nature des becs expérimentés. Certains becs, excellents au point de vue de la faible dépense de gaz, ne peuvent être employés que si l'on maintient la pression entre des limites très-restreintes, soit par de fréquentes manœuvres de robinets, soit par l'action automatique du régulateur. Dans ce cas, le régulateur ne procure pas une grande économie; son rôle est alors de rendre possible ou commode, sans surveillance assidue, l'emploi de ces becs économiques. Au contraire, d'autres becs, généralement moins bons au point de vue de la consommation par unité de lumière, peuvent fonctionner d'une manière très-convenable avec des dépenses fort variables; on ne se préoccupe plus de les régler à la main quand la pression augmente, et c'est alors que l'introduction d'un régulateur peut amener une économie de 25 à 40 pour 100.

M. Laming reconnaît la justesse des observations qui précèdent. En effet, le bec papillon peut dépenser une quantité de gaz double de sa consommation normale sans

éclairer beaucoup plus. Au Théâtre-Lyrique, dont il a parlé précédemment, il y a un très-grand nombre de becs, et il y en a de toutes sortes; le chiffre de 8 p. 100 représente donc bien la moyenne des économies que peut procurer le régulateur.

M. Brull rappelle la disposition employée il y a longtemps par M. Jeanneney, pour régulariser la pression avec des robinets et des diaphragmes percés de trous, qu'il appelait des maximeurs.

M. Laming pense que l'emploi des régulateurs est préférable, mais il fait ressortir la nécessité d'en avoir un par niveau, soit par étage dans les bâtiments. A l'Hôtel de Ville, on avait essayé d'un obstructeur pour diminuer la pression des becs de l'horloge, on a dû y renoncer à cause des variations de la pression dans les conduites de la ville.

M. Derennes fait observer que ces becs, dans le parcours desquels le gaz éprouve une perte de pression par l'effet d'une obstruction ou d'un étranglement fixe, peuvent avoir une application rationnelle dans le cas précédent, cité par M. Laming, d'un éclairage à des niveaux différents. En plaçant un régulateur à l'étage inférieur seulement, si les canalisations ont des diamètres suffisants la pression est constante dans chaque étage, mais variable d'un étage à l'autre. On peut alors, par l'emploi des becs obstructeurs aux étages supérieurs, se dispenser de placer, comme l'a indiqué M. Laming, un régulateur pour chacun de ces étages.

M. Laming remet à la Société un modèle des chandelles-candélabres destinées à éviter les obstructions de naphtaline, qui ont souvent occasionné des extinctions sur la voie publique.

Le seul artifice qui ait réussi, et qui est de la plus grande simplicité, consiste à rapprocher le robinet du haut de la chandelle le plus possible, autant que l'échauffement n'en empêche pas, c'est-à-dire à 6 ou 8 centimètres environ du bec.

M. le Président, en remerciant M. Laming de son intéressante communication espère que la publicité donnée au compte rendu de nos séances aura pour effet de répandre l'usage des régulateurs de pression, qui procurent une économie incontestable dans la consommation du gaz.

MM. Fortet, Harmand, Cadiat, Lasson, Mensier, Nicod et de Wendel ont été reçus membres sociétaires, et M. de Montricard membre associé.

DE L'ART DE LA CONSTRUCTION

il y a 3000 ans

COMPTE RENDU DE L'OUVRAGE DE M. V. PLACE, CONSUL GÉNÉRAL DE FRANCE

SUR

NINIVE ET L'ASSYRIE

PAR M. ACHILLE LE CLER.

M. Victor Place, consul général de France, vient de terminer son grand ouvrage : *Ninive et l'Assyrie*, qui renferme les résultats des importantes découvertes qu'il a faites sur les ruines de l'ancienne Ninive.

Les premières découvertes de Ninive datent de 20 ans à peine. Commencées par M. Botta, pour la France, et par M. Layard, pour l'Angleterre, elles ont été achevées en 1855 par M. V. Place, qui était alors consul de France à Mossoul.

Ses recherches ont duré quatre années consécutives, et il a découvert l'immense palais du roi Sargon, dont il donne une monographie complète. L'enceinte entière de la ville a été également déterminée par les fouilles de notre consul.

Rien n'est plus digne d'intérêt au point de vue de l'ingénieur, tout aussi bien qu'à celui de l'archéologue et du philosophe, que de voir cette antique ville renaître et sortir de ses cendres, dont elle était recouverte depuis plus de vingt-cinq siècles !

Les ruines de l'ancienne Ninive, dont il s'agit, sont situées en Assyrie, à 18 kilomètres de Mossoul, sur la rive gauche du Tigre, dans un lieu nommé actuellement Khorsabad. C'est là que le roi Sargon, l'un des successeurs de Sardanapale, avait reconstruit la ville dont M. V. Place vient de faire l'intelligente restauration. La première Ninive était tombée sous les coups des Babyloniens et des Mèdes, environ 760 ans avant Jésus-Christ.

Si vous voulez bien m'accorder, dit M. A. Le Cler, quelques instants de bienveillante attention, j'espère que vous ne regretterez pas de faire avec moi, grâce à notre explorateur, un rapide examen de l'*art de la construc-*

tion dans l'ancienne Assyrie. C'est le côté qui vous intéresse, et l'auteur rend ma tâche facile, car il décrit avec soin tous les détails de construction et les matériaux employés.

Vous reconnaîtrez quels progrès l'art de bâtir avait déjà atteints, et, entre autres, combien était perfectionné l'emploi de la brique. Vous serez surpris de voir que les ingénieurs du passé, enterrés depuis si longtemps avec une civilisation disparue, construisaient déjà des voûtes cylindriques, surbaissées ou en plein cintre, dont l'invention est pourtant généralement attribuée aux Romains bien des siècles après la destruction de Ninive.

L'ouvrage de M. V. Place se compose de deux volumes grand in-folio de texte et d'un volume de planches. Je ne pourrai parcourir que quelques chapitres d'un travail aussi important.

Dans le premier livre, les ruines sont examinées en détail et l'auteur étudie avec un soin minutieux le palais de Khorsabad, du roi Sargon.

Le second livre est destiné à tracer l'image du grand peuple disparu et à faire connaître le degré de civilisation qu'il avait atteint lorsqu'une terrible catastrophe arrêta brusquement ses progrès.

L'atlas comprend la carte d'Assyrie, les plans des édifices, les études de construction et de décoration, et divers essais de restauration avec les renseignements à l'appui tirés des sources ninivites.

I. — PALAIS.

DESCRIPTION DU PALAIS. — COLLINE ARTIFICIELLE. — MODE DE CONSTRUCTION.

La ville avait la forme d'un grand rectangle. Le palais était placé à cheval sur l'un des côtés de la muraille d'enceinte, s'avançant en partie dans l'intérieur et en partie faisant saillie au dehors. Toutefois, il est facile de voir que le palais et la ville ne forment qu'un même ensemble. Leur fondateur les a enveloppés d'une même enceinte.

Mais tandis que la ville restait au niveau du sol de la plaine, entre ses murailles, le palais était construit sur un monticule artificiel et formait une sorte de citadelle dont la terrasse se trouvait à la hauteur du sommet des murs de la ville.

Ainsi, au lieu de faire des fouilles pour la fondation des murs du palais, les Assyriens ont commencé par former une colline artificielle de plus de 300 mètres de largeur, sur 350 mètres de longueur, et une hauteur d'environ 14 mètres. C'est sur sa surface supérieure, de près de 10

hectares, qu'on a élevé le palais et ses dépendances : le cube du remblai, ainsi établi, dépasse 1,350,000 mètres cubes.

Cette énorme accumulation de matériaux nous surprend moins aujourd'hui, car les immenses remblais nécessités par les travaux publics des temps modernes nous ont habitués à de grands déplacements de terres. Mais les Assyriens, il faut le remarquer, ne possédaient ni les appareils, ni les procédés mécaniques à l'aide desquels nous simplifions ce genre d'opération : ils n'employaient ni voitures ni wagons pour transporter la terre, et n'usaient que des forces de l'homme.

L'un des bas-reliefs du palais nous montre les ouvriers devant un monticule, avec des hottes ou des paniers pour seuls auxiliaires : nulle part on n'aperçoit dans ce travail ni chariots ni bêtes de somme.

L'auteur a reconnu que ce remblai ou monticule n'était composé que d'argile. Bien plus, de nombreuses fouilles ont fait voir que cette argile n'avait pas été prise au hasard ni amoncelée sans préparation. M. V. Place a constaté qu'elle était pure de tout mélange, sans pierres ni corps étrangers. Elle a dû être malaxée comme de la terre à briques.

Notre consul appuie sur ce procédé de construction qui caractérise le mieux l'architecture assyrienne, et qui ne s'est rencontré dans aucune autre. Si vastes que soient les édifices, si élevées que soient leurs murailles, la pierre n'y entre que rarement, et seulement dans les soubassements et dans les dallages; mais le corps même de la construction est exclusivement composé d'argile.

Il a été facile de reconnaître que cette terre a été placée dans des moules où elle a reçu la forme de briques à peu près carrées, de 39 à 40 centimètres de côté, sur 5 centimètres d'épaisseur. Mais quel était leur degré de consistance au moment de la pose? Le massif assyrien était composé d'assises horizontales, de briques adhérentes les unes aux autres sans l'interposition d'aucun ciment ni mortier. L'auteur en conclut qu'elles étaient encore molles au moment de la pose, de manière à pouvoir se coller les unes aux autres.

Mais l'érection d'un monticule composé de millions de briques crues, parfaitement superposées, a dû présenter des difficultés d'exécution considérables, et il y a là un mystère de construction pour ainsi dire impénétrable.

Nous reviendrons plus loin sur ce mode de construction.

Ce remblai n'était pourtant que la base de l'immense palais. Quelle quantité d'hommes il a fallu employer à ce simple travail préparatoire!

MURS DE SOUTÈNEMENT.

Le monticule en briques que nous venons de décrire était enveloppé

d'un mur de soutènement en pierres de taille, et fortifié par des contre-forts.

Des portions considérables de cette muraille sont encore existantes, et ont permis d'en constater le mode de construction. Les assises sont établies par parpaings et boutisses. Elles sont toujours horizontales, les joints sont croisés.

Les pierres, de roche franche, ont des dimensions très-grandes à la base du mur : 2 mètres d'épaisseur, autant de largeur et 2m,70 de longueur. C'est un cube de 10m,80 et un poids d'environ 23,000 kilog. On se demande quels étaient les procédés mécaniques usités chez les Assyriens pour manœuvrer des matériaux aussi lourds. Ajoutons que les pierres de taille étaient appareillées par simple juxtaposition, sans mortier. Les Assyriens n'en ont presque jamais fait usage.

ENSEMBLE DU PALAIS.

Après avoir décrit la base de l'édifice, M. V. Place nous fait connaître dans ses détails les places et la distribution de cet immense palais : le *sérail*, le *harem*, et les *dépendances* nécessaires au personnel de tout genre qui tenait à la grande existence d'un roi d'Assyrie.

Au nord du harem se dressait une tour carrée, à sept étages superposés, et ayant l'aspect d'une pyramide. La hauteur, l'orientation de cette tour et l'état avancé où les études astronomiques étaient parvenues en Assyrie, lui ont fait donner le nom d'*observatoire*. Enfin, à l'extrémité N-O. du monticule, se trouvait une partie plus dégradée, nommée *Temple*.

Chacun des quartiers du palais était trop important pour ne pas exiger un plan spécial. Aussi le plan général est-il accompagné de plans particuliers à une plus grande échelle.

L'étendue nécessairement restreinte de cette note ne me permet pas de suivre l'auteur dans la description de ces diverses parties du palais. Je les parcourrai rapidement, en signalant les principaux points qui peuvent avoir de l'intérêt pour l'étude du mode de construction qui nous occupe.

SÉRAIL.

Le quartier du sérail est décrit dans tous ses détails. On se trouve en présence de 14 cours et de 97 pièces ou passages, dont la distribution est indiquée.

C'était là demeure du souverain, et elle comprend, tout en conservant son unité, deux quartiers séparés. Le premier renfermait les salles d'apparat, décorées de bas-reliefs et destinées au déploiement de la pompe royale; le second, composé de chambres nombreuses et de petite dimension, était sans doute consacré au service personnel du roi.

Les épaisseurs des murs des diverses chambres sont un des aspects les plus étonnants de la construction ninivite. La moindre dimension, même dans les murs de refend, atteint près de 3 mètres. Les dimensions de 4 et 5 mètres sont fréquentes, et on trouve des épaisseurs de 8 mètres dans certaines parties.

C'est à l'imperfection relative d'un mode de construction en briques crues, qu'on doit sans doute l'explication de ces épaisseurs énormes. Il fallait aussi que ces murs, d'une grande hauteur pour un seul étage, pussent supporter le système de voûtes et de terrasses dont nous aurons à parler plus loin.

Partie sculpturale. — Dans la première partie du sérail, on a découvert des sculptures qui ont révélé au monde savant l'art assyrien, que l'on croyait à jamais disparu.

Les nombreux bas-reliefs sont remplis de détails intéressants : taureaux ailés à tête humaine, grands génies étouffant des lions, roi entouré de sa cour, de ses officiers, de ses eunuques ; siéges de villes, batailles, chasses, etc. ; en un mot, tout un véritable panorama ouvert sur l'une des plus vieilles civilisations de l'antiquité. Ces riches trouvailles sont complétées par de nombreuses inscriptions murales en caractères *cunéiformes*, révélation d'une langue éteinte, mais près de renaître sous les efforts d'habiles interprètes.

Cours et esplanades. — Les cours ou esplanades étaient nombreuses et étendues. La plus vaste, de 110 mètres de long sur 61 mètres de large, comprenait 6,700 mètres carrés, soit près des deux tiers d'un hectare.

L'aire était couverte d'un pavage en briques cuites, posées sur une couche de sable sous laquelle s'étendait un second lit de briques posées à bain de bitume.

Les 16 portes qui donnaient sur cette cour étaient ornées de sculptures et décorations d'un motif architectural remarquable. Il y avait, entre autres, un grand nombre de monolithes de grandeur colossale, représentant des taureaux à tête humaine. On peut voir plusieurs de ces taureaux au Louvre, dans le musée assyrien.

Revêtement des murs. — Tous les murs du palais ninivite étaient construits en argile suivant le procédé que nous avons décrit à l'occasion de la terrasse artificielle. Mais la surface de ces murs était toujours recouverte d'une décoration variant selon les différents quartiers du palais. C'était le plus souvent des plaques de gypse sculptées, s'élevant au-dessus du sol à une hauteur de 2 ou 3 mètres. M. V. Place a calculé qu'une surface de plus de 6,000 mètres carrés était couverte de sculptures et de bas-reliefs.

Or, les inscriptions ont fait reconnaître que le roi Sargon n'a pas mis

plus de 5 à 6 ans à construire sa ville et son palais. Il a donc fallu, pour accomplir cette œuvre colossale, réunir un grand nombre de sculpteurs formés à la même école; et ce seul fait suffirait à nous donner une haute idée de la civilisation assyrienne, et à la faire remonter à une époque très-reculée.

Il nous est impossible de suivre l'auteur dans la description de toutes les parties du sérail et de ses dépendances. Tout est constaté d'une manière distincte. Rien n'a été oublié : ni les boulangeries, les celliers, etc.; ni les écuries pour les chevaux et pour les dromadaires, les remises pour les chars, etc.

Magasins. — Nous nous arrêterons seulement à la partie que l'auteur désigne à juste titre sous le nom de *magasins*, et dans laquelle il a fait d'intéressantes trouvailles.

Dans l'un de ces magasins il a découvert des jarres ou vases en poterie de formes et de grandeurs variées, et, entre autres, deux grosses amphores hautes de 1m,15.

Dans une autre pièce, une découverte d'un autre genre l'attendait : des objets en fer en grande quantité, des chaînes, des anneaux détériorés par la rouille; puis des pics, des pioches et des marteaux. C'était un véritable dépôt d'outils accumulés, et M. V. Place estime à 160,000 kil., le poids de cette immense quantité de fer.

C'était une découverte précieuse, venant donner de curieuses notions sur la métallurgie des Assyriens et sur l'état avancé de leurs instruments de travail.

Je puis mettre sous vos yeux l'un de ces morceaux de fer, trouvés dans les ruines de Ninive.

Les planches de l'ouvrage donnent les dessins des divers outils qui ont été pris sur les lieux à l'aide de la photographie.

Ce fer, vieux de vingt-cinq siècles, était d'excellente qualité, malléable, bon à la forge, et M. V. Place en a employé pour la confection des différents outils destinés à ses travailleurs. Il en a même fait des faucilles et des charrues. Dans aucune épreuve ce fer ne s'est montré de qualité inférieure au fer neuf employé concurremment.

A peu de distance du fer, on a trouvé une assez grande quantité de petits fragments de bronze oxydé.

Un autre magasin se trouvait complétement rempli de briques émaillées. Un émail colorié occupe l'une de leurs faces, et l'assemblage de ces briques composait des personnages et des tableaux. Ce genre de décoration était employé dans plusieurs parties du palais.

Les planches de l'ouvrage donnent de magnifiques exemples de ce mode de décoration.

Enfin une trouvaille fort inattendue ne doit pas être passée sous silence. Une feuille d'or, actuellement au Louvre, a été recueillie dans

les fouilles de Ninive : elle porte une ligne d'inscription cunéiforme. On a trouvé également des clous recouverts d'une mince feuille d'argent.

HAREM.

Nous n'avons parlé jusqu'ici que du sérail, la demeure des hommes. Le harem, ou la demeure des femmes, est décrit avec le même soin que le sérail, et dans l'étude de ses diverses chambres, l'auteur fait remarquer toutes les mesures prises pour en rendre les communications, déjà si compliquées en elles-mêmes, entièrement inabordables aux profanes !

Nous ferons à regret comme les profanes ; nous n'entrerons pas, le temps nous manque, et je me bornerai, pour la description du plan du palais, aux quelques indications qui précèdent et que j'ai dû extraire brièvement des détails qui comprennent plus de 150 pages du premier volume de l'ouvrage de M. V. Place.

Je vais maintenant parcourir rapidement la description générale de la ville.

II. — VILLE.

Enceinte. — Nous avons déjà dit que la ville avait la forme d'un parallélogramme rectangulaire. Le plan a l'apparence d'un carré : deux des côtés, en effet, ont 1,760 mètres de largeur, et les deux autres 1,685 mètres, soit un développement total de 6,890 mètres. La surface est d'environ 800 hectares.

Remarquons, avec l'auteur, que les Assyriens ont été de toute antiquité célèbres pour leurs progrès en astronomie, et qu'on ne doit pas être surpris de la voir exercer une influence sur la position donnée à leurs monuments. M. V. Place a constaté que les diagonales de la ville, d'angle en angle, étaient exactement dirigées vers les quatre points cardinaux.

Les murailles des monuments assyriens ont donné lieu à des descriptions si pompeuses, nous avons lu des récits tellement féeriques sur ces enceintes, au sommet desquelles plusieurs chars circulaient de front, qu'il est utile d'étudier les véritables proportions de ces constructions.

La base du mur est formée d'un soubassement en pierres calcaires de $1^{m},10$ de hauteur. Cette disposition est commune aux deux façades du mur : entre les lignes de pierres, régulièrement taillées, se voit un libage en moellons grossiers, simple garnissage destiné à remplir l'intervalle qui sépare les deux parements. Au-dessus du blocage s'élevait la muraille en argile, suivant un mode de construction identique à celui du monticule et des murs du palais.

L'énorme épaisseur de ces murs, constatée et mesurée, était de 24 m. La rue de la Paix, à Paris, n'a que 23 mètres de largeur, y compris les trottoirs. Dès lors, on s'explique comment les historiens, pour donner une idée plus saisissante de la puissance des murs de Ninive, ont parlé de chars circulant de front au sommet de ces constructions.

L'épaisseur de la muraille a été mesurée mathématiquement. Mais la majeure partie de l'enceinte étant dégradée, il a été plus difficile d'en déterminer la hauteur, qui s'élevait jusqu'à 23 mètres à une extrémité, et qui, par suite de la pente du terrain, avait une hauteur moyenne de 18 mètres.

Tours. — L'enceinte de la ville, sur tout son développement, était flanquée de tours de 4 mètres de saillie, et de 13m,60 de façade, espacées seulement entre elles de 27 mètres. La construction des tours était identique à celle de la muraille. Il y avait 164 tours. La muraille et les tours fournissent un total de plus de 3 millions de mètres cubes d'argile amoncelée brique par brique.

Portes. — Les portes de la ville se divisent en deux catégories : les unes sont monumentales, ornées de taureaux ailés, à tête humaine, de bas-reliefs et de briques émaillées; les autres beaucoup plus simples ont pour unique ornement un cintre en briques ordinaires.

M. V. Place donne la description minutieuse d'une des principales portes. C'était un véritable édifice dont l'ensemble, de l'extrémité de l'avant-corps à celle de l'arrière-corps, avait une longueur totale de 67 mètres sur 49 mètres de largeur. Les espaces vides qui représentent les cours, les passages et les chambres d'un tel monument, donnent une superficie de 1,000 mètres carrés. Il y a loin de ces dimensions considérables à la simple grille ou aux arcs de triomphes placés aux abords de nos villes.

Les dimensions considérables des entrées placées sur l'enceinte sont hors de toute proportion avec ce que nous entendons dans nos usages occidentaux par le mot *porte*. Évidemment de pareils édifices avaient été établis pour se conformer à certains usages et à certaines nécessités des peuples d'Orient. En ce pays, la vie intérieure était complétement close et murée pour le dehors. On n'admettait personne dans son intérieur, ni pour les visites, ni pour traiter les affaires. Les usages conservés jusqu'à nos jours entrent dans les coutumes de la plupart des peuples de l'antiquité.

Les portes de la ville et du palais étaient destinées à recevoir les solliciteurs et le public. C'était un lieu de réunion.

J'arrive maintenant à de nouvelles découvertes intéressantes.

Pierres dures simples ou gravées, cylindres, bijoux et ornements divers trouvés dans les fondations des portes.

Chez les Assyriens, comme chez les peuples modernes, il y avait une cérémonie spéciale pour la pose de la *première pierre* d'un édifice.

C'est la conclusion que M. V. Place a dû tirer de la découverte d'une grande quantité d'objets renfermés dans une couche de sable fin au-dessous des monolithes des portes de la ville. Là, en effet, il a trouvé différents petits objets en marbre, agate, cornaline, et autres matières dures, travaillées et gravées.

Toutes les pièces dures taillées étaient, sans exception, percées d'un trou et semblaient indiquer que ces objets avaient dû faire partie de colliers et de bracelets.

Mais nulle part l'explorateur n'a pu découvrir une seule médaille assyrienne, et, selon toute vraisemblance, la monnaie frappée à une effigie quelconque n'existait pas à l'époque de l'empire d'Assyrie.

Les objets trouvés dans les fondations des portes sont représentés de grandeur naturelle dans les planches du troisième volume.

Routes. — A la sortie d'une des portes de la ville commençait une route se dirigeant vers le Tigre, et qui a pu être déblayée sur une soixantaine de mètres. Cette voie était peu remarquable par son genre de construction. Les pierres, irrégulièrement taillées et de dimension médiocre, sont posées sur un seul rang, avec un bombement presque insensible. Les accotements proprement dits n'existent pas. Les voies dont Sémiramis parle avec tant d'orgueil étaient sans doute établies avec plus de luxe et de solidité !

La largeur de cette voie était de 12 mètres.

Des portions de rues qui ont été découvertes à l'intérieur de la ville, avaient aussi une largeur de 12 mètres et un mode d'établissement semblable à celui des routes ; il n'y avait ni accotements ni trottoirs.

Si le palais a été déblayé et retrouvé tout entier, il n'en a pas été de même de la ville. Le temps a manqué à M. V. Place, et il est parti avec le regret de n'avoir pu donner plus d'extension à l'exploration intérieure de Ninive.

III. — CONSTRUCTION.

Le système d'architecture révélé par la découverte de Ninive, et resté entièrement inconnu jusqu'à ce jour, a obligé M. V. Place à n'avancer que par degrés dans son étude. Dans la première partie de son ouvrage, dont je n'ai pu donner qu'un aperçu très-succinct, il a indiqué surtout

la position des édifices, leur *distribution* et les principaux détails d'exécution.

L'auteur vient maintenant étudier d'une manière plus spéciale et plus complète la nature de la *construction* assyrienne, les matériaux employés et leur mise en œuvre.

Malheureusement il ne me sera encore possible de donner qu'un aperçu sommaire de cette partie du travail de notre consul. Nous avons d'ailleurs déjà indiqué, chemin faisant, les principaux procédés de construction des Assyriens.

MATÉRIAUX.

Sous ce rapport, les Assyriens ont été exclusifs : on compte seulement trois éléments dans les bâtisses ninivites : l'*argile crue*, la *brique cuite* et la *pierre calcaire*. Les édifices, il est vrai, renferment d'autres matières : les briques émaillées, les plaques de gypse et de basalte, mais uniquement dans les décorations. Il en est de même du bois et des métaux dont l'usage a été plus accessoire encore.

C'est, en définitive, l'*argile* qui est le principal et presque le seul élément des constructions assyriennes. Aussi M. V. Place consacre-t-il de nombreuses pages à la préparation et au mode d'emploi de cette matière. Nous en avons déjà parlé et nous ne suivrons que rapidement l'auteur dans les considérations qu'il développe à ce sujet.

ARGILE CRUE.

M. V. Place insiste sur cette expression, et ne doute pas que les briques ont dû être encore *molles et humides* au moment de l'emploi.

On pourrait croire cependant que les briques, au lieu d'être réellement molles, avaient été au préalable séchées au soleil ; puis chaque brique aurait pu être, au moment de l'emploi, trempée dans un vase rempli d'eau pour produire une humidité momentanée.

L'auteur n'admet pas cette hypothèse. Il dit que, si l'on avait agi ainsi, il y aurait eu une différence entre le corps des briques et leurs points de jonction, tandis qu'on n'aperçoit rien de pareil. Depuis le bas jusqu'au haut de la partie conservée des murs, les parois des tranchées ont offert un aspect uniforme ; pas la moindre distinction à établir entre le corps des briques et leurs joints, qui cependant, par les différences de teinte de l'argile, présentent des lignes apparentes.

Il conclut donc qu'on doit accepter le procédé assyrien, tel qu'il est, sans parvenir à l'expliquer complétement. Ce fait d'immenses bâtisses en briques crues, sans ciment ni mortier, subsiste dans toute sa force.

Les Assyriens ont facilement trouvé l'argile nécessaire dans la plaine

qui entoure Ninive. Là, en effet, notre consul a constaté que le terrain, sur une étendue de plusieurs myriamètres carrés, se compose d'argile dont l'épaisseur atteint plusieurs mètres.

L'auteur recherche quel a pu être le mode de préparation des briques. Si l'on en croit le prophète Nahum, la terre était simplement foulée aux pieds des travailleurs [1]. C'est d'ailleurs l'usage qui subsiste encore à Mossoul.

M. V. Place a reconnu que la paille hachée, et même pour ainsi dire pulvérisée, a été mélangée à l'argile pour donner de la consistance aux briques, et il ajoute que ce mode est encore employé constamment dans le pays.

Notre consul fait ensuite observer que les constructions à murailles épaisses étaient en harmonie avec les exigences du climat. La situation géographique de Mossoul, placé par le 36e latitude nord, c'est-à-dire à peu près sous le parallèle de Cadix et d'Alger, ne ferait pas supposer que les ardeurs du soleil s'y fissent sentir si cruellement. Mais les chaleurs de la Mésopotamie dépassent toute mesure. Une sécheresse excessive contribue surtout à les rendre plus pénibles. De mai à novembre, il ne tombe pas une goutte de pluie et de rosée, pas un nuage n'apparaît, sauf les jours où le vent du désert traîne une poussière qui rend l'atmosphère irrespirable, en achevant de tout dessécher. Le thermomètre centigrade s'est élevé, en certains moments, à 51° au-dessus de zéro, dans l'intérieur des appartements, à Mossoul, et, pendant la journée, la moyenne de la température a été de 40 à 42 pour l'ensemble des mois d'été.

Dès le mois de mai, les moissons sont terminées ; l'herbe est tellement desséchée dans les pâturages, que les Arabes abandonnent la contrée avec leurs troupeaux et remontent plus au Nord, du côté d'Orfa et d'Alep.

Il est probable qu'au temps de la prospérité de Ninive, les vastes plaines de l'Assyrie étaient dans des conditions moins défavorables. Le terrain devait être cultivé avec soin pour suffire à l'alimentation de ses nombreux habitants. Il fallait, par conséquent, des irrigations dont, en effet, les traces se voient sur plusieurs points. La végétation était plus puissante et se prolongeait dans l'arrière-saison.

Mais la chaleur n'a pas moins dû être, de tout temps, considérable, et les conditions climatériques donnent la principale explication de l'emploi de l'argile dans les bâtisses assyriennes.

Une expérience personnelle, prolongée pendant plus de quatre années, est venue confirmer à M. V. Place la supériorité des larges murs de briques sur les procédés usités actuellement dans le pays pour se défendre contre les ardeurs du climat. La chaleur accablante dont on

1. Puise l'eau, ramasse la terre, foule-la aux pieds. (Ch. III, v. 14.)

souffre à Mossoul tient en grande partie à l'emploi mal raisonné de la pierre et du plâtre dans la construction des maisons.

M. V. Place a eu fort à souffrir de la chaleur pendant toute la durée de sa mission; ce qui ne l'a pas empêché de persévérer avec courage dans ses fouilles et dans ses découvertes.

BRIQUES CUITES.

Les Assyriens ne se sont pas montrés moins habiles dans le maniement de l'argile soumise à la cuisson que dans celui de l'argile crue. Au surplus, l'argile cuite était une pratique traditionnelle chez les Ninivites. L'invention leur en venait de la Babylonie. Les historiens sont d'accord pour attribuer aux Chaldéens la découverte de la brique, et lorsque, dans les plaines de Sennaar, les hommes voulurent bâtir une ville et une tour dont le faîte s'élevât jusqu'au ciel, la Bible leur met dans la bouche ces paroles : « Allons, faisons des briques et cuisons-les dans le feu[1] ! »

Les briques cuites de l'ancienne Ninive sont de deux espèces : les unes régulières à faces parallèles et rectangulaires, et les autres irrégulières, affectant une figure trapézoïdale. Ces dernières briques étaient destinées aux voûtes, et l'obliquité des briques était variable en raison de la place que chaque claveau devait occuper dans la courbe.

Les briques étaient d'excellente qualité et d'une cuisson parfaite.

Les proportions entre la largeur et l'épaisseur des briques assyriennes sont différentes des nôtres. Dans les pavages, les briques du lit supérieur avaient une longueur et une largeur de $0^m,39$ à $0^m,40$, et une épaisseur de 5 à 6 centimètres. Celles du rang inférieur avaient $0^m,32$ pour les deux premières mesures, et une épaisseur de $0^m,10$ à $0^m,11$, presque double des précédentes. Les unes et les autres formaient à peu près un carré parfait. Dans les briques des voûtes, les grands côtés du trapèze ont $0^m,32$, comme les briques du second rang des pavages; l'épaisseur est un peu moindre.

Dans les périodes postérieures à la puissance ninivite, on ne retrouve plus de briques comparables aux briques assyriennes.

Un dernier caractère à signaler sur les briques assyriennes consiste dans les inscriptions cunéiformes dont la plupart de ces briques sont couvertes. Les musées de Paris et de Londres en possèdent actuellement d'abondants échantillons.

PIERRES CALCAIRES.

La pierre calcaire employée dans les constructions assyriennes est de deux sortes : l'une fine, à grains serrés, rappelle notre pierre franche,

1. *Genèse* XI, 3.

dite *calcaire de roche;* elle est dure, un peu coquilleuse. L'autre, plus tendre et plus friable, a des rapports avec la pierre appelée *lambourde.*

La première sorte a été employée dans les revêtements, les dallages, et dans les murs de soubassement ; la deuxième espèce a été employée dans les passages, dans les chambres et dans les endroits où il n'existait pas de sculpture.

Nous venons de passer en revue les matériaux de la première classe. Ceux qui vont suivre avaient une fonction accessoire et décorative.

ALBATRE GYPSEUX.

Le musée du Louvre contient des spécimens nombreux d'albâtre gypseux. C'est un sulfate de chaux de couleur grise, tendre et susceptible de poli. En somme, il constitue une pierre de qualité assez médiocre.

Malgré les imperfections de la matière, les Assyriens n'ont pas craint de la travailler en grandes masses, témoin les taureaux monolithes placés au Louvre et pesant environ 32,000 kilog. Il en existait de plus énormes encore, et en nombre considérable.

Les Ninivites ont trouvé cette pierre dans la plaine voisine du palais.

La formation du gypse sert de base, et, en quelque sorte, de cuvette à la terre argileuse de cette contrée.

BASALTE.

Le basalte ne se rencontre qu'en très-petites quantités, et il a dû venir de carrières éloignées. M. V. Place n'a pu constater la présence de cette roche volcanique dans les montagnes voisines qu'il a souvent explorées.

BRIQUES ÉMAILLÉES.

Les dimensions et les formes des briques émaillées sont sensiblement différentes de celles des briques cuites ordinaires. La tranche coloriée est de 0,29 à 0,35 sur une épaisseur de 0,09.

Sous le rapport de la qualité de la pâte, les briques émaillées se distinguent encore plus des briques ordinaires. Autant les briques ordinaires sont dures et résistantes, autant celles-ci sont tendres et friables. La pâte en paraît à peine cuite. Une pareille infériorité est difficile à comprendre ; car les teintes des briques émaillées sont des couleurs passées au feu, et la cuisson nécessaire en ce cas aurait dû augmenter la dureté de l'argile.

MATÉRIAUX ACCESSOIRES.

Le *mortier*, le *ciment* et le *sable* n'ont été trouvés que sur quelques points, très-rares et en petite quantité.

Il en est de même du *bitume*. M. V. Place n'en a rencontré que dans les lits inférieurs des pavages et au fond des canaux souterrains. Cependant cette substance semblait devoir se trouver en grande quantité ; car les historiens sacrés et profanes font mention du bitume comme l'une des matières les plus employées dans les constructions d'origine chaldéenne, et d'ailleurs, les sources naturelles de naphte et de pétrole n'étaient pas moins nombreuses dans les environs de Ninive que dans ceux de Babylone.

Aujourd'hui encore, tout le sol du district de Mossoul, sur la rive droite du Tigre, est imprégné de soufre et de bitume. Un peu plus bas, il existe un véritable ruisseau de bitume pur, qui remplit une petite vallée, longue de 800 mètres et large de 300 mètres. Le bitume y sourd de tous côtés, et s'épanche vers le Tigre en assez d'abondance pour qu'une légende du pays annonce qu'un jour il comblera le lit du fleuve. Aussi cherche-t-on à le consumer sur le lieu même, à l'aide d'un feu qu'on entretient sans cesse : c'est un devoir pour les caravanes de rallumer cet étrange foyer, si elles le trouvent éteint.

Bois. — On avait supposé arbitrairement un ensemble de charpentes surmontant les édifices ; mais cette hypothèse disparaît devant la découverte des voûtes et des terrasses que nous décrirons bientôt. L'auteur n'hésite pas à déclarer qu'aucune charpente, qu'aucune grande poutre n'a été employée à la construction, proprement dite, de Ninive. Tout au plus le bois figurait-il dans les clôtures et les pièces d'ornement.

Métaux. — Le cuivre n'a servi qu'aux pivots et aux gonds des portes. Le plomb relie les unes aux autres, par le sommet, au moyen de scellements en queue d'aronde, les plaques ornées de bas-reliefs. Le fer semble avoir été proscrit dans les constructions.

Mastic ou *stucage.* — La surface argileuse de la bâtisse exigeait l'application d'un stucage destiné à la défendre contre l'air extérieur, et à en cacher l'aspect désagréable. Aussi voit-on ce mastic sur toutes les parois qui n'étaient pas couvertes de sculptures. Dans les parties supérieures des salles, il a été embelli de peintures à fresque. Le plus souvent c'est un simple ravalement de couleur blanche et noire. La couche en est très-mince, de 3 à 4 millimètres au plus, et néanmoins très-adhérente aux surfaces des murs, où on l'a trouvée en bon état après tant de siècles, et malgré tant de causes de décomposition. Il serait assez diffi-

cile de se prononcer, dit M. V. Place, sur la composition de ce stucage. La chaux et le plâtre paraissent y dominer, et les parties noires contiennent aussi du bitume.

VOUTES.

J'arrive à la partie la plus intéressante des découvertes assyriennes, au point de vue qui nous occupe. C'est le couronnement de l'édifice, la *voûte* qui se présente avec une grande variété de courbes, depuis le plein cintre jusqu'à l'ogive.

Notre explorateur nous fait assister aux péripéties et aux diverses phases de ses recherches, jusqu'au moment où il est arrivé à la constatation matérielle de ce fait important, depuis les canaux souterrains restés intacts, les portions de voûtes tombées en bloc et trouvées dans les chambres du palais, et enfin jusqu'à la découverte d'une porte entière de la ville, dont il a pu décomposer et contrôler les matériaux et compter les voussoirs.

On sent, dans les nombreuses pages consacrées à la description des voûtes, l'émotion bien légitime de notre consul à cette trouvaille inattendue que ses devanciers n'avaient pas fait pressentir.

M. V. Place nous décrit d'abord la voûte des portes, qui était en plein cintre d'un diamètre de $4^{m},30$. La voûte de ce long passage était en briques crues, mais qui n'avaient pas l'état de mollesse et de ductilité propre à l'argile des murs droits et du monticule. On doit en conclure qu'après être sorties du moule, les briques ont passé par une assez longue dessiccation ; car elles étaient faciles à rompre et avaient certaines ressemblances avec les briques crues, mentionnées par Vitruve. En cet état, elles ne pouvaient pas adhérer les unes aux autres par simple juxtaposition comme les briques des murailles; elles exigeaient l'emploi d'une sorte de mortier, aussi a-t-on trouvé de véritables joints dus à l'introduction d'une argile plus molle entre les faces des briques.

L'auteur appelle l'attention sur les archivoltes destinées à décorer la façade de la voûte des portes. Ces archivoltes étaient en briques cuites et en briques émaillées qui n'étaient pas rectangulaires comme les briques crues, mais dont la section était à forme trapézoïdale et formant voussoir. Elles indiquaient, chez les Assyriens, un art avancé dans la préparation des pierres artificielles.

De la voûte des portes qu'il a constatée directement, M. V. Place arrive aux voûtes qui doivent couvrir toutes les pièces du palais et dont il déduit la construction tant des tronçons retrouvés que des indications des bas-reliefs et des épaisseurs des murs. Partout ce sont les mêmes matériaux, les briques crues.

Le même système d'investigation et de patiente étude conduit l'auteur à admettre l'existence de voûtes en dômes au-dessus de deux uniques

salles carrées, situées sur la grande façade où était érigée la plus splendide décoration de tout l'édifice.

Les dômes d'ailleurs sont, à vrai dire, une création de l'Orient. On en voit à toutes les mosquées, et la vaste coupole de Sainte-Sophie semble être elle-même le produit d'une vieille tradition orientale.

Enfin, M. V. Place passe en revue tous les canaux souterrains qu'il a trouvés sous les chambres et sous les cours. Les matériaux y sont distincts de ceux des voûtes des toitures. Au lieu d'argile crue on ne voit plus dans ces petites voûtes que des briques cuites et d'une extrême dureté. L'auteur décrit ces constructions dans leurs détails et nous met sous les yeux, pour ainsi dire, toutes les courbes connues : cintre surbaissé, voûte en anse de panier, ellipse, ogive évasée et étroite. Toutes les formes se succèdent avec un art consommé.

Les fouilles de Ninive sont donc venues nous apprendre que les Romains ont été devancés par les Assyriens, dans la découverte de la voûte composée de claveaux. La constatation de ce fait, telle qu'elle ressort des observations que développe l'auteur, assigne même à l'invention de la voûte une antiquité bien plus reculée. Dans la Chaldée, entièrement dépourvue de pierres et de bois, les architectes n'avaient pu songer aux toitures plates, et il faut, dit M. V. Place, remonter jusqu'à Babylone, c'est-à-dire aux origines de la race assyro-chaldéenne, ce qui nous reporte à plus de mille ans avant la fondation de Rome.

Quoi qu'il en soit, les trouvailles réalisées à Khorsabad n'eussent-elles produit d'autre fruit que de nous initier aux origines de la voûte auraient droit à une place importante dans l'histoire de la science.

TERRASSES.

Les voûtes de Ninive n'avaient pas pour unique objet de recouvrir les appartements; elles étaient encore destinées à supporter un vaste ensemble de terrasses. L'écroulement des parties hautes n'a pas permis de retrouver ces terrasses en place : mais l'auteur en démontre l'existence par des considérations déduites de l'étude des bas-reliefs, des conditions climatériques de la contrée, et de l'usage encore universel des terrasses en Orient.

Les matériaux des terrasses étaient évidemment les mêmes que ceux du reste de la construction, l'argile en briques crues. L'exploration a d'ailleurs fourni à notre consul des renseignements directs résultant d'une série de gros cylindres en pierre répandus au milieu des décombres et dont la destination lui a été expliquée par une pratique actuelle du pays. Les terrasses des villes et des villages de la Mésopotamie sont, pour la plupart, recouvertes de simple terre battue, qui exige un régime spécial d'entretien. Sous l'action d'une atmosphère brûlante, l'argile des toits se fend de tous côtés et, si l'on n'a soin de boucher ces fissures, les

pluies de l'hiver pénétrent dans les voûtes et en amènent la chute. Pour parer à ce danger on humecte de temps à autre les terrasses et l'on y roule en tous sens des cylindres en pierre, dont le passage ferme les crevasses de l'aire. Ce sont précisément des rouleaux de ce genre qui ont été trouvés dans les fouilles. Ils étaient en calcaire compacte, de forme parfaitement cylindrique et percés aux deux bouts d'un trou carré de 6 à 8 centimètres de profondeur, où s'ajustait la tige métallique servant à les manœuvrer. Ces rouleaux pesaient de 100 à 120 kilogrammes.

L'auteur, continuant ensuite sa description minutieuse des détails de construction, nous décrit successivement les planchers ou aires des chambres en terre battue, les carrelages en briques, quelques dallages en calcaire, les seuils, les escaliers, le mode d'éclairage, etc.

Vous voyez, comme j'ai déjà eu l'occasion de vous le faire observer, que rien n'est oublié dans ce grand travail. M. Place ne néglige pas de constater que dans les escaliers, les marches tantôt en pierre, tantôt en briques, se trouvaient toujours en nombre impair. Est-ce, dit-il, par suite d'un respect superstitieux pour ce nombre vénéré des dieux? Il ajoute qu'il est curieux de remarquer que, plus tard, Vitruve insiste sur l'emploi du nombre impair dans les escaliers des temples et donne à l'appui de son précepte la plus singulière des raisons : « Comme, dit-il, en montant à un temple on commence du pied droit, les marches doivent être impaires sur la façade, afin que l'on entre dans l'édifice également du pied droit. »

L'explication est difficile à admettre, mais le fait n'en reste pas moins dans toute sa singularité[1].

IV. — RESTAURATION ET DÉCORATION.

Je n'ai encore fait que parcourir le premier volume de l'ouvrage de M. V. Place, c'est-à-dire que nous ne sommes qu'à moitié de son œuvre. Ne voulant pas étendre les limites de cette communication, je ne vais jeter qu'un coup d'œil sur le deuxième volume, qui renferme cependant, au point de vue de l'archéologie et de l'histoire, les observations les plus dignes d'attention.

L'auteur s'applique maintenant à la restauration de l'édifice dont il a fouillé les ruines, et pour révéler ainsi l'architecture ninivite, il puise à deux sources très-sûres, la ruine elle-même et les représentations d'édifices que les Assyriens nous ont laissées au moyen de la sculpture. Pour plus de sécurité encore, notre consul a eu recours a la collaboration d'un

1. *Vitruve*, III, traduction de Perrault.

architecte distingué, M. Félix Thomas, qui a passé quelque temps à Mossoul pendant que les fouilles étaient en cours d'exécution.

Je voudrais pouvoir mettre sous vos yeux les nombreuses planches de l'atlas qui font renaître ces antiques monuments assyriens et montrent leur décoration architecturale.

Notons en passant que la colonne n'était pas *inconnue* du constructeur ninivite. On a trouvé dans les fouilles de Khorsabad un chapiteau de forme très-originale, que M. V. Place rattache à l'ornementation de la partie du palais, dite *temple* ou *salle du trône*.

Notre consul nous montre le palais restauré, ainsi que les murailles de la ville ornées de leurs tours et de leurs *créneaux*. A l'occasion de la disposition de ces créneaux, l'auteur fait remarquer que la brique assyrienne avait un *pied ninivite* de côté et se trouvait être un *étalon de l'unité de mesure*, peu différente d'ailleurs de notre ancien pied-de-roi. Le constructeur trouvait ainsi une grande facilité dans l'emploi de matériaux tous de mêmes dimensions, et de dimensions mathématiquement égales à la mesure usuelle. Les carrelages des cours, par exemple, étaient tous composés de briques entières sans fractions. Il en était de même pour la construction des créneaux qui offraient à l'œil des longueurs entières de briques. Bien plus, dit l'auteur, la partie supérieure la plus visible, celle qui frappait forcément le regard, était de la largeur d'une seule brique et montrait ainsi l'*unité* de mesure usitée en Assyrie.

FOUILLES. TRAVAUX.

Après nous avoir fait assister à une complète restauration, notre explorateur nous ramène au début de ses recherches. Il étudie les causes primitives de l'enfouissement de cette ancienne ville, et ensuite il nous explique comment les fouilles ont été entreprises et menées à bonne fin, avec une petite armée de travailleurs arabes, qui a dépassé quelquefois le chiffre de 500.

Les crédits affectés aux fouilles de Ninive ont été peu considérables et il a fallu pour l'exécution de ces travaux que l'auteur trouvât une ressource dans la modicité des salaires de ses ouvriers.

Il payait, par jour, 56 centimes pour les piocheurs et 50 centimes pour les chargeurs et les porteurs, et cependant ces prix donnèrent une augmentation de plus d'un tiers sur les prix courants du pays et se trouvaient dans un rapport avantageux avec la valeur des denrées. Un homme employait pour sa nourriture quotidienne huit ou dix centimes, et s'il y avait une famille la nourriture de la femme et de chaque enfant n'absorbait pas au delà de cinq à six centimes par jour.

Il faut bien dire que les aliments dont usaient ces Arabes étaient des plus simples et des plus faciles à préparer. A vraiment parler, ils ne mangent que du pain ou plutôt une espèce de pâte indigeste, faite de

farine à peine blutée et pétrie avec de l'eau et du sel en galettes épaisses comme le maïs. Ensuite ces galettes sont appliquées sur une plaque de tôle fortement chauffée ou sur les parois d'une jarre en terre appelée *tendour*, dans laquelle les femmes ont fait brûler des broussailles ou même du fumier. Les seuls aliments qu'on ajoute à cette pâte sans levain et mal cuite sont des figues sèches, du raisin sec et du laitage, rarement du riz, jamais de la viande. En aucune circonstance ils ne buvaient ni vin, ni liqueurs fermentées. L'eau constituait leur unique boisson et ils en faisaient une incroyable consommation.

Les ouvriers d'Orient manifestent une grande répulsion à se servir d'outils nouveaux pour eux. C'est en vain que M. V. Place voulut introduire des pelles et des pioches de terrassiers ainsi que des brouettes. Le seul parti que les Arabes imaginèrent pour utiliser les brouettes fut de les remplir de terre et de les porter comme des civières.

Il fallut y renoncer et les laisser travailler avec leur outillage et leurs procédés habituels. Leurs instruments se réduisent à trois :

Le *kasma*, espèce de sape terminée d'un bout en pointe aplatie et s'emmanchant par un trou placé à l'autre extrémité. Il rappelle assez exactement la moitié la plus large de la pioche de nos terrassiers.

Le *mejrafa*, sorte de houe ou hoyau destiné à remplacer la pelle.

Et enfin le *zambis* ou couffe. C'est un panier conique en jonc tressé grossièrement et muni de deux poignées à la partie la plus ouverte du cône.

A ces trois outils notre explorateur a ajouté des pinces en fer, plus des lampes en terre pour éclairer les tranchées.

TRANSPORT DES ANTIQUITÉS.

Quand M. V. Place fut arrivé au terme de sa mission, il fallut songer à rapporter en France les sculptures et les autres pièces d'antiquités provenant de ses fouilles. Un navire d'un fort tonnage devait venir les prendre à Bassorah et les conduire au Havre.

Mais pour parvenir à Bassorah il fallait d'abord franchir une distance de 18 kilomètres à travers le désert, de Khorsabad au Tigre, et ensuite 600 kilomètres de navigation fluviale. Or, notre explorateur n'avait ni chariot, ni engins assez puissants pour transporter les masses considérables qu'il avait recueillies.

Il nous fait assister aux difficultés qu'il a eu à surmonter pour se procurer les essieux et le bois nécessaires à l'établissement d'une sorte de chariot. Il nous montre comment, s'inspirant de l'exemple que lui offraient les Assyriens dans les bas-reliefs, il a fait traîner son chariot dans le désert par 600 haleurs, tirant sur des câbles et s'avançant aux accords rhythmés de musiciens qui marchaient en avant.

Ces efforts ne devaient aboutir, comme vous allez le voir, qu'à une fâcheuse catastrophe.

Tout alla bien jusqu'au Tigre, mais il s'agissait de faire descendre à Bassorah des colis qui représentaient un poids total d'environ 200,000 kilogrammes sur un fleuve rapide où ne pouvaient naviguer que des radeaux d'une construction singulière qu'il ne sera pas sans intérêt de faire connaître.

Ces radeaux, appelés *kéleks*, constituent une des inventions les plus élémentaires et en même temps les plus ingénieuses. L'usage en remonte à l'antiquité la plus reculée, et c'est peut-être le seul qui, trente et quarante fois séculaire, s'est conservé sans altération jusqu'à nos jours. Hérodote en a donné la description.

L'élément principal du kélek est l'outre en peau de mouton remplie d'air. Il se fait une telle consommation de ces outres pour les transports, de Diarbékir et de Mossoul à Bagdad, que dans toute la contrée les moutons livrés à la boucherie sont dépecés en vue de cette destination. Au lieu de fendre la peau sur la longueur, les bouchers tranchent la tête de l'animal et font sortir le corps par l'ouverture béante du cou. La peau des jambes, découpée autour du genou et du jarret, est également conservée intacte. Il résulte de cette opération une sorte de fourreau dont les ouvertures inévitables sont hermétiquement fermées avec des cordes. A peine la peau de mouton sort-elle des mains du boucher qu'elle est livrée au tanneur. Les éléments de tannage ne manquent pas en Assyrie. La noix de galle qui s'exporte dans le monde entier sous le nom de *galle d'Alep*, vient presque exclusivement du Kurdistan.

On comprendra maintenant quelle doit être la construction des kéleks. Un radeau est formé avec des perches longues et minces, se croisant à angle droit et laissant entre elles des intervalles d'égales grandeurs dont l'ensemble représente l'aspect d'un damier. C'est dans les cases de ce damier que les outres remplies d'air sont fixées au moyen des quatre jambes qu'on a eu soin de ne pas séparer de la peau lorsque l'animal a été dépouillé.

Cette première installation compose la carcasse du kélek. Par-dessus ce premier appareil on place d'autres perches plus fortes que les précédentes, et au besoin des poutres suivant la nature du chargement, et au-dessus on établit un plancher si cela est nécessaire.

Disons maintenant que M. V. Place ayant à transporter un poids énorme a fait construire deux grands kéleks de 1600 outres et cinq autres, dont deux de 800 et trois de 600 outres. Il avait fallu qu'il envoyât chercher jusque dans le Kurdistan les 6,800 peaux de mouton nécessaires.

Le chargement effectué, non sans peine, sur ces radeaux, la flottille fut ensuite conduite sans trop de difficultés jusqu'à Bagdad. Il restait encore à se rendre de Badgad à Bassorah (400 kilomètres.)

Mais tous ces préparatifs de transport avaient exigé plusieurs mois, et, depuis quelque temps notre consul était appelé à un autre poste. Avant de quitter Bagdad, il fit charger une partie des antiquités sur une grande barque de 60 tonneaux, et il ne laissa plus que quatre kéleks portant le reste du convoi.

Ces dispositions prises il dut, à son grand regret, revenir à Mossoul pour rentrer en Europe.

C'est là qu'il apprit qu'aux environs de Korna, à quelques lieues au-dessous du confluent de l'Euphrate et du Tigre, dans le fleuve formé par la réunion de leurs eaux, le Chat-el-Arab, la barque et les kéleks avaient été attaqués par les tribus insurgées, voisines du fleuve. Ces Arabes irrités de ne pas trouver, comme ils le pensaient, des trésors dans la flottille, firent sombrer la barque et deux kéleks. Deux kéleks purent seuls échapper à leurs poursuites et atteignirent Bassorah. « Celles de mes scupltures que l'on voit au Louvre, dit l'auteur, sont les seules qui aient été sauvées avec ces deux radeaux. » Il est facile de comprendre les douloureuses déceptions de notre consul à cette triste nouvelle.

Je regrette de m'arrêter sous l'impression de cet accident déplorable, mais il me faudrait un trop long temps pour vous donner un compte rendu complet de l'ouvrage de *Ninive et l'Assyrie*, et je me contenterai d'ajouter que le deuxième volume renferme encore les descriptions les plus intéressantes relatives à des *excursions archéologiques*, faites par l'auteur pour rechercher en dehors de Khorsabad les monuments et les monticules élevés par les Assyriens. Ces explorations se sont étendues sur une superficie d'environ 16,650 kilomètres carrés. Là se trouvait le noyau de l'empire assyrien et des lieux pleins des souvenirs de l'histoire la plus reculée. L'auteur nous donne entre autres de curieux détails sur l'emplacement de l'ancienne Arbèles, célèbre par la lutte des Macédoniens et des Perses. C'est aux environs de Mossoul qu'Alexandre avait traversé le Tigre pour aller à la poursuite de Darius!

Les derniers chapitres, dont je n'indiquerai que le titre, sont consacrés à l'*architecture assyrienne* qui doit former, dit l'auteur, un nouvel *ordre* (*ninivite* ou *assyrien*), puis à la *sculpture*, la *glyptique*, la *céramique*, les *inscriptions cunéiformes* et le déchiffrement des textes assyriens.

Si le compte rendu succinct que je viens de mettre sous vos yeux n'a pas présenté l'intérêt que j'aurais désiré donner à cette communication, ne vous en prenez qu'à une analyse imparfaite et incomplète : je suis convaincu que vous ne regretteriez pas de jeter vous-même un coup d'œil sur les volumes de *Ninive et l'Assyrie*.

Malheureusement l'ouvrage ne se trouve que dans les bibliothèques publiques, et il serait désirable que l'auteur fût amené à préparer une édition populaire de son œuvre. Ce serait le meilleur moyen de permettre

à tout le monde d'apprécier l'importance de ses découvertes archéologiques et scientifiques en Assyrie. Mais, en attendant, notre Société ne pourrait-elle pas demander à M. le Ministre des beaux-arts de la comprendre dans la distribution des exemplaires de l'ouvrage de M. V. Place? Il y a tout lieu d'espérer que cette demande serait favorablement accueillie.

Paris, le 1er avril 1870.

NOTE

SUR LE

SERVICE DE TRACTION

DES CHEMINS DE FER DU SUD DE L'AUTRICHE

ET

EN PARTICULIER SUR L'EXPLOITATION DU SEMMERING ET DU BRENNER EN 1869.

PAR M. A. GOTTSCHALK.

L'encouragement tout spécial qu'a bien voulu me donner notre président, à la suite d'un voyage sur nos lignes, m'engage à faire connaître à la Société les nouveaux progrès réalisés dans le service du matériel et de la traction des chemins du Sud de l'Autriche pendant l'année 1869.

D'ailleurs, à une époque où les ingénieurs ne reculent plus, pour obtenir des économies dans la construction des lignes complémentaires du réseau européen, devant l'emploi de rampes et de rayons de courbure considérés, il y a peu d'années encore, comme tout à fait impraticables, au moment où tous les hommes spéciaux se préoccupent, dans le but de rendre économique l'exploitation de ces chemins difficiles, de construire des machines de plus en plus puissantes et se prêtant au passage de courbes à rayons de plus en plus réduits, l'étude, au point de vue du matériel et de la traction, des lignes à fortes rampes et à faible rayon de courbure, qui sont, si je puis m'exprimer ainsi, l'onéreux apanage de notre réseau, offre un intérêt toujours croissant.

Nos résultats encourageants peuvent servir de point de départ à l'étude de tracés encore plus hardis que ceux de nos lignes, qui présentent cependant des rampes de 25 millimètres et des courbes de 180 mètres de rayon; nous-mêmes avons eu occasion d'en faire application pour apprécier les frais d'exploitation d'une ligne ayant des rampes de 40 millimètres, et sur laquelle nous nous proposions de remorquer, à l'aide de deux machines à douze roues couplées, des trains n'ayant pas moins de 200 tonnes de charge brute non compris le poids des moteurs.

A ce point de vue, tout au moins, nous osons espérer que notre communication actuelle recevra le bienveillant accueil de celles qui l'ont précédée.

Pour rendre la comparaison plus facile, nous suivrons l'ordre adopté dans les notes précédentes.

LIGNE PRINCIPALE DE VIENNE A TRIESTE ET SES EMBRANCHEMENTS.

Les tableaux nos 1 et 2 indiquent, en les comparant à ceux des années précédentes, les résultats obtenus en 1869 sur la ligne principale de Vienne à Trieste et ses embranchements.

Ces résultats font ressortir clairement l'exactitude de ce que nous avancions dans notre note de l'année dernière, en disant que le prix de la tonne kilométrique était l'unité la plus rationnelle pour apprécier les dépenses de traction d'une ligne donnée et les mesurer au travail réellement fait.

Ils nous montrent en effet que le prix de revient de la traction par kilomètre de train est pour 1869 de 0.904, soit de 3.2 °/o supérieur au prix analogue de 1868 et de 6.9 °/o inférieur à celui de 1867, tandis que le prix de revient de la tonne kilométrique de charge brute est 0.0044537 soit de 3.4 °/o inférieur au résultat analogue de 1868 et de 19 °/o inférieur à celui de 1867, ce dernier étant considéré comme notre point de départ.

C'est qu'effectivement, après avoir modifié la marche de nos trains au commencement de 1869 et en proportionnant encore mieux qu'auparavant les charges remorquées aux vitesses et aux profils des différentes sections, nous sommes arrivés, pour 1869, à un chargement brut de 202 tonnes 85, résultat supérieur de 6.9 °/o à celui correspondant de 1868 et de 14 °/o à celui de 1867.

Le nombre des essieux du train moyen a été pareillement porté à 44 en 1869, au lieu de 42.4 qu'il était en 1868 et de 42.1 qu'il était en 1867.

Nous pouvons donc dire que la meilleure utilisation de la puissance des machines a été la cause dominante des économies réalisées en 1869; mais hâtons-nous d'ajouter que le grand trafic dans les deux sens qui a eu lieu en 1869, et notamment pendant les six premiers mois de cette année, a contribué largement à nous faire obtenir des résultats qui ont dépassé nos espérances.

Examinons d'ailleurs les sous-détails du prix de revient par kilomètre de train.

Ainsi que nous l'avions prévu, les dépenses des chapitres Conduite, Alimentation et Frais généraux, pour lesquelles nous pensions avoir atteint, en 1863, les dernières limites d'économie, n'ont pas diminué.

Les dépenses d'alimentation et les frais généraux sont restés sensible-

ment les mêmes que l'année précédente; les frais de conduite ont augmenté en raison de l'avancement accordé au personnel et des primes plus grandes méritées par le personnel des machines, par suite de l'augmentation de la charge des trains à laquelle il est proportionnellement intéressé.

Les dépenses de réparation des machines, voitures et wagons ont été en augmentant, comme nous l'avions d'ailleurs prévu. Ce n'est pas sur ces chapitres que nous cherchons à réaliser des économies au détriment du bon état du matériel.

Nous tendons, au contraire, à améliorer cet état le plus possible et notamment par l'introduction exclusive de bandages en acier fondu pour les machines, et de bandages en acier Bessemer pour les voitures et wagons, au lieu et place de bandages en acier puddlé et en fer dont le prix est de 30 °/₀ inférieur.

Pour en donner une idée, nous nous contenterons de présenter le résumé suivant de nos dépenses de bandages pendant les trois années 1867, 1868 et 1869.

DÉSIGNATION.	1867.	1868.	1869.
Dépenses pour bandages de machines.....	150976f 90	204603f 70	217990f 20
Dépenses pour bandages de voitures et wagons, ...	114931 20	256370 50	275899 40
Totaux.....	265902 10	460974 20	493889 60

Nous avons pareillement remplacé un petit nombre d'essieux de machines et relativement un plus grand nombre d'essieux de tenders en fer par d'autres en acier Bessemer, tirés de notre usine de Graz et travaillés au pilon dans nos ateliers.

Ces essieux, de la qualité d'acier la plus douce, nous ont donné jusqu'à présent d'excellents résultats.

Nous continuons également à remplacer par des manivelles en acier Bessemer les manivelles primitives en fer dans les machines du système Hall.

Le chapitre Entretien des machines a été, en outre, chargé des dépenses de reconstruction de trois machines-tenders, transformées en machines à tenders séparés, dans nos ateliers, et mises en service pendant l'exercice 1869.

Enfin, pour les véhicules, nous avons commencé, durant le même exercice, à remplacer les longerons anciens en bois par d'autres en fer à] qu'il nous faut, pour le moment, tirer de l'étranger.

Nous avons donc la conscience d'avoir cherché à améliorer l'état du matériel, et il n'est par conséquent pas surprenant que nos dépenses de réparations ne diminuent pas.

Si les frais de graissage de machines ont été inférieurs à ceux de l'année 1868, cela tient à la diminution de prix que nous avons obtenue sur l'huile de colza en passant des marchés très-avantageux au commencement de 1869 pour tout l'exercice.

Enfin, l'économie sensible que nous avons obtenue sur les dépenses de combustible résulte, d'une part, de réductions dans les prix d'achat de quelques-uns de nos lignites, et, d'autre part, d'un emploi plus judicieux de nos lignites les plus avantageux.

Nous employons, en effet, sur toutes les lignes de notre ancien réseau, des lignites dont les puissances calorifiques varient depuis 47 jusqu'à 65 °/₀ de la puissance calorifique de la houille.

Les prix de ces lignites ne peuvent, par suite des difficultés plus ou moins grandes d'extraction et de transport, être tout à fait proportionnels à leurs puissances calorifiques; on conçoit donc facilement qu'on puisse arriver à certaines économies en modifiant les proportions des différents lignites employés.

En ramenant d'ailleurs les quantités des différents lignites employés par kilomètre de train à des quantités proportionnelles de houille, on trouve que nous avons brûlé par kilomètre de train moyen :

en 1867	l'équivalent de	14.3	kilog.	de houille.
» 1868	»	14.7	»	»
» 1869	»	15.3	»	»

résultats qui n'ont rien d'étonnant, puisque la charge des trains a sans cesse été en augmentant depuis 1867.

En divisant les quantités précédentes par les charges correspondantes traînées, on trouve, par contre, que pour chaque tonne kilométrique de charge brute, nous avons brûlé :

en 1867	l'équivalent de	0ᵏ.08072	de houille
» 1868	»	0ᵏ.0774	»
» 1869	»	0ᵏ.06966	»

A propos de nos combustibles, il nous a paru que la Société trouverait peut-être intéressant de posséder quelques renseignements sur les lignites que nous employons sur notre ancien réseau, à l'exclusion de tout autre combustible et en quantités qui atteignent, dans certaines saisons, jusqu'à 1,000 tonnes par jour.

Nous répondrons par une note spéciale à la demande qui nous a été adressée l'année dernière, au sujet de ce combustible si peu connu géné-

ralement, et dédaigné par les compagnies plus heureuses qui traversent ou s'approchent des grands bassins houillers.

SECTION DU SEMMERING.

Les résultats obtenus pour la traction du Semmering, en 1869, se trouvent résumés dans les tableaux nos 3, 4, 5 et 6, qui donnent en même temps leur comparaison avec les résultats correspondants des années précédentes.

Ces résultats ont encore plus dépassé nos prévisions que ceux de la ligne principale avec ses embranchements, et nous ne craignons pas d'affirmer qu'il nous semble impossible d'aller au delà, voire même de maintenir le prix de fr. 1.246 auquel nous sommes arrivés pour le kilomètre de train simple, et qui est extrêmement réduit eu égard aux difficultés de traction du Semmering.

Sauf le chapitre Réparation des wagons, celui correspondant des Frais généraux, et sauf les dépenses d'alimentation, dont l'augmentation tient à ce que nous avons imputé à ce chapitre quelques dépenses supplémentaires primitivement comptées comme frais généraux, tous les autres chapitres de dépenses, en dehors des frais de réparations de machines, ont subi des réductions considérables.

Les dépenses de combustibles, en particulier, ont donné lieu à une économie très-notable qui tient, il est vrai, en partie à la réduction qu'a subie le prix du lignite de Leoben depuis l'ouverture de la section Bruck à Leoben [1], et à la plus grande proportion de lignite de Romerbad employé concurremment avec celui de Leoben; mais il y a, d'autre part, lieu de remarquer que, bien que le parcours des trains de marchandises ait augmenté dans une proportion considérable en 1869, celui des trains de voyageurs restant sensiblement le même qu'en 1868, la consommation de combustible a baissé de 24 à 23 kilogrammes par kilomètre pendant la même période (voir le tableau n° 5).

C'est là un progrès d'autant plus considérable qu'en 1868 les trains de marchandises étaient encore partagés en deux au pied de la rampe, tandis qu'en 1869 tous ces trains ont été remorqués à l'aide de deux machines, dont une en tête et l'autre en queue; bien plus, la charge moyenne des trains de marchandises correspondante à chaque machine a été, en 1868, de 141.5 tonnes, tandis qu'en 1869 elle est montée à 144.5 tonnes.

On est donc fondé à en conclure, contrairement à ce que l'on pouvait

1. Ce combustible ne coûte plus que 16 fr. la tonne au lieu de 20 fr., et comme sa puissance calorifique est de 65 % de celle du coke de Witkowitz ou de la houille anglaise que ce coke nous représente sensiblement, on peut dire que l'équivalent d'une tonne de houille en lignite de Leoben revient encore à 24 fr. 61 c.

attendre et contrairement aux hypothèses faites généralement en pareil cas, que l'emploi de machines poussant les trains en queue ne présente aucun désavantage, ni au point de vue de l'adhérence, ni à celui de la consommation de combustible.

Ce sont là deux résultats qu'il est intéressant de constater et qu'il importe de confirmer par une plus longue expérience.

L'emploi continu d'une machine en queue du train n'a d'ailleurs donné lieu à aucun inconvénient et il paraît acquis que ce mode de traction, très-avantageux au point de vue de la sécurité, peut se pratiquer avec succès même dans les sections où les courbes suivies de contre-courbes en S n'ont que 180 mètres de rayon.

Quant à la descente, nous avons pu nous convaincre qu'elle se fait avec la plus grande sécurité en plaçant, à la station sommet, les deux machines en tête du train ; nous ne ferons d'ailleurs que répéter ce que nous avons déjà eu occasion de déclarer en 1867, en parlant de l'exploitation du Brenner, à savoir que le complément pour ainsi dire indispensable de ce mode de traction est l'emploi de la disposition de M. Le Chatelier pour la marche à contre-vapeur.

Nous en continuons l'application à toutes nos machines du Semmering, et regrettons de ne pouvoir le faire plus rapidement par suite du grand développement du trafic.

Le parcours total des trains est passé, en effet, de 374672.5 kilom.
qu'il était en 1868, à . . . . . 427668 »
qui se répartissent comme suit :

	1868.	1869.
1° Trains de voyageurs remorqués par une machine à 6 roues couplées.....	98185f.60	98178f.00
2° Trains de marchandises remorqués par une machine à 8 roues couplées.....	276486 .50	329490 .00
Totaux égaux.....	374672 .50	427668 .00
Les prix de traction correspondants ressortent à....	1f.386	1f.246
par kilomètre pour un train de voyageurs traversant le Semmering en une fois, et à.....	2 .772	2 .492
pour un train de marchandises traversant en deux fois, en 1868, ou remorqué par deux machines dont une en tête et l'autre en queue, en 1869.		

Ces résultats accusent une réduction de 56.3 p. 100 sur ceux de l'année 1860, alors que les machines n'avaient pas encore été transformées.

Les dépenses d'entretien de la voie ont atteint en 1869 la somme

de 375277f.50[1], y compris une somme de 35862f.50 pour les frais de surveillance, ce qui correspond à une dépense de 0f.877 par kilomètre de train simple.

Enfin, en appliquant aux trains du Semmering, pour comparer avec ce qui s'est fait les années précédentes, les dépenses moyennes du service du mouvement et de l'administration générale, on trouve que le kilomètre de train a coûté :

Pour les trains de voyageurs.	3f.142
— — marchandises.	5f.265

Le tableau n° 6 donne ces résultats ainsi que ceux analogues des autres sections de la ligne et leur comparaison avec les résultats correspondants de 1867 et 1868.

---

1. La dépense de 375,277 fr. 50 c. pour l'entretien et la surveillance de la voie du Semmering pendant l'exercice 1869 comprend une plus-value de..... 45,520f 00c pour remplacement des rails anciens en fer par des rails en acier Bessemer.

La dépense de 1869 à comparer aux dépenses correspondantes de 1867 et de 1868 serait donc de.....	329,757	50
En 1868 elle était de.....	265,350	00
Et en 1867.....	279,192	50

Ainsi qu'il l'avait déjà fait l'année dernière, M. Bolze, directeur de l'entretien et de la surveillance de la voie et un des constructeurs du Semmering, a bien voulu nous communiquer les renseignements suivants qui seront certainement lus avec grand intérêt.

Ils donnent la comparaison entre les frais d'entretien et de surveillance par kilomètre de chemin exploité, tels qu'ils résultent d'une moyenne de 15 ans 1/2 et les dépenses du même chapitre pour l'année 1869.

DÉSIGNATION DES CHAPITRES DE DÉPENSES faites POUR LE CHEMIN DU SEMMERING.	MOYENNE DES DÉPENSES pendant 15 ans 1/2. Totales.	Par kilomètre de chemin exploité.	DÉPENSES DE 1869 par kilomètre de chemin exploité	OBSERVATIONS.
	fr. c.	fr. ç.	fr. c.	
Infrastructure.....	30875 00	740 00	480 92	
Superstructure.....	337717 50	8094 86	6848 80	
Bâtiments.....	20605 00	493 90	669 99	
Clôtures.....	3870 00	92 76	35 26	
Surveillance.....	50155 00	1202 18	859 81	
Travaux extraordinaires.....	16090 00	385 67	258 04	
Administration et conduite des travaux.	19760 00	473 63	434 02	
Totaux.....	479072 50	11483 00	9586 74	

LIGNE DU TYROL.

Le tableau n° 7 indique les résultats obtenus sur la ligne du Tyrol en 1869, et les compare aux résultats correspondants de l'année 1868.

Le prix de revient du kilomètre de train ressort à. 1f.034
au lieu de. 1f.284
accusant de la sorte une économie de près de. . . . . 20 °/₀
sur le prix de l'année précédente.

Il y a eu réduction importante sur tous les chapitres de dépenses, et, notamment, réduction de 0f.127 sur le chapitre combustible; c'est qu'en effet, en employant une proprortion plus considérable de lignite de Sagor et une quantité proportionnellement moins grande de charbon de Pilsen, nous sommes arrivés à faire baisser de 42f.22 à 38f.115 le prix moyen de l'équivalent d'une tonne de houille brûlée au Tyrol en 1869.

Toutefois, le lignite de Sagor n'ayant que 57 °/₀ de la puissance calorifique de la houille et donnant par suite lieu à une manipulation considérable et à un travail de chargement très-fatigant au passage des grandes et longues rampes du Brenner, nous avons jugé utile pour cette section de remplacer ce lignite par du charbon de Saarbruck, qui nous revient meilleur marché que le charbon léger de Pilsen, bien qu'il nous arrive à Kufstein après avoir parcouru un chemin beaucoup plus considérable que ce dernier.

Les dépenses de réparation des machines et celles des voitures et wagons surtout ont subi une réduction considérable, parce qu'en ouvrant la ligne du Brenner en fin 1867, et n'ayant pas encore à cette époque d'atelier bien organisé au Tyrol, nous avons dû faire en 1868 des dépenses considérables pour remettre en état le vieux matériel que nous avons trouvé dans les sections Nord et Sud de cette ligne; c'est ce que nous avions d'ailleurs prévu dans notre note de l'année dernière.

Il est du reste évident que nous ne pourrons pas maintenir très-longtemps les chiffres très-bas de nos dépenses de réparation; ils tiennent à ce que le matériel du Tyrol se compose en majeure partie de matériel neuf ou remis en état en 1867 et 1868. Il est à prévoir que ces chiffres augmenteront rapidement et dépasseront ceux correspondants de la ligne principale de Vienne à Trieste avec ses embranchements, en raison de la plus grande proportion des sections à grandes déclivités de la ligne du Tyrol.

Les dépenses du chapitre Alimentation ont subi une réduction de 50 °/₀ en raison de la suppression de quelques alimentations onéreuses et de leur remplacement par d'autres moins nombreuses et mieux situées.

Enfin, les dépenses de graissage ont participé comme celles analogues

de la ligne principale à la baisse des prix des matières de graissage en 1869.

Nous devons à ce sujet donner l'explication d'une anomalie apparente entre les frais de graissage des véhicules sur la ligne du Tyrol et ceux correspondants de la ligne principale; les premiers n'étant que le 1/4 des seconds.

Cette anomalie tient à ce que le trafic du Tyrol, étant essentiellement un trafic de transit, admet l'emploi d'une grande proportion de wagons étrangers qui nous sont livrés avec des boîtes pleines aux deux extrémités de la ligne et qui dépensent très-peu de matières de graissage pendant la traversée.

Pour en terminer avec l'ensemble de la ligne du Tyrol, nous donnons dans le tableau suivant la composition et le chargement moyen des trains en 1869, ainsi que leur comparaison avec les résultats analogues de 1868.

DÉSIGNATION DES TRAINS.	NOMBRE D'ESSIEUX du train moyen.		CHARGEMENT du train moyen.		OBSERVATIONS.
	en 1868	en 1869.	en 1868.	en 1869.	
			tonnes.	tonnes.	
Voyageurs.....	19	17.9	67	65.2	Le travail total en tonnes kilométriques de charge brute a été de 114,397,639 en 1868 et 119,548,153 en 1869.
Mixtes.....	24	27.5	86.2	108.9	
Marchandises....	41.2	46	184.2	209.1	
Moyenne.....	27.6	26.2	112.4	107.8	

La diminution de charge du train moyen résulte de ce qu'en 1869 nous avons fait plus de trains mixtes et de trains de voyageurs et proportionnellement moins de trains de marchandises en 1868.

Néanmoins, le prix de revient de la tonne kilométrique a baissé de 0.011426 qu'il était en 1868, à 0.009644 en 1869, accusant de la sorte une économie de 15,6 °/₀ sur l'année précédente.

Ce résultat est encore bien éloigné de celui correspondant de la ligne principale; la différence tient au trafic relativement beaucoup plus faible et surtout à l'influence des sections à grandes rampes.

Aussi avons-nous pensé qu'il serait intéressant de dégager les résultats obtenus de cette influence, et nous avons comparé dans le tableau suivant les résultats de la ligne principale de Vienne à Trieste et de ses embranchements, en écartant complétement les dépenses du Semmering avec ceux correspondants des sections Nord et Sud de la ligne du Tyrol, la section du Brenner étant complétement réservée pour un examen spécial.

Tableau comparatif pour les années 1868 et 1869.

DÉSIGNATION DES CHAPITRES DE DÉPENSES.	LIGNE PRINCIPALE de Vienne à Trieste et de ses embranchements moins la section du Semmering.		LIGNE DU TYROL moins la section du Brenner.		OBSERVATIONS.
	1868.	1869.	1868.	1869.	
1° Locomotives.					
Conduite	0.156	0.167	0.166	0.171	
Combustible	0.255	0.242	0.477	0.320	
Graissage	0.028	0.028	0.027	0.025	
Eau	0.004	0.004	0.008	0.004	
Réparations	0.158	0.174	0.116	0.118	
Frais généraux	0.048	0.048	0.067	0.055	
2° Voitures et Wagons.					
Réparations des voitures	0.060	0.068	0.141	0.049	
Réparations des wagons	0.114	0.123	0.126	0.001	
Graissage	0.016	0.017	0.006	0.004	
Frais généraux	0.014	0.015	0.018	0.013	
Prix de revient par kilomètre de train	fr. 0.853	fr. 0.886	fr. 1.152	fr. 0.855	
Prix de revient correspondant de la tonne kilométrique	0.004431	0.004293	0.009461	0.007303	

L'année dernière nous annoncions que le prix de revient du kilomètre de train dans les sections Nord et Sud du Tyrol pourrait momentanément baisser de 1f.152 qu'il était en 1868, à 0f.90 ; nos prévisions ont été dépassées ; mais hâtons-nous de faire remarquer que ce résultat ne pourra pas être maintenu par suite de l'augmentation des dépenses de réparations qui iront sans cesse en croissant avec l'âge du matériel. Cette augmentation des frais de réparation pourra cependant être en partie contrebalancée par de nouvelles réductions à attendre sur le prix du combustible.

Le prix de l'équivalent d'une tonne de coke de Vitkowitz, qui nous sert d'unité, a atteint en effet 38f.115 pour la moyenne des combustibles brûlés au Tyrol, tandis qu'il n'a été que 18f.535 pour la moyenne des lignites consommés sur la ligne de Vienne-Trieste et de ses embranchements.

Les frais de conduite et les frais généraux tendront à diminuer au fur et à mesure du développement du trafic ; ceux de graissage de machines et d'alimentation sont sensiblement les mêmes sur les deux lignes, et nous avons déjà interprété l'anomalie qui semble exister entre les frais de graissage des wagons.

La différence entre les prix de revient de la tonne kilométrique tient évidemment à la différence des trafics et par suite aux chargements autres des trains moyens sur les deux lignes qui font l'objet de la comparaison.

Ces résultats iront sans cesse en se rapprochant au fur et à mesure du développement du trafic sur la ligne du Tyrol.

SECTION DU BRENNER.

Le tableau n° 7 indique le prix de revient par kilomètre de train sur la section du Brenner et le compare au résultat correspondant de l'année 1868.

Il en ressort une économie de 12 °/₀, qui se répartit sur les différents chapitres de dépenses et notamment sur les chapitres combustibles et réparations des voitures.

En ce qui concerne la réparation des voitures, nous avons déjà dit précédemment que la diminution des dépenses de ce chapitre tenait à ce qu'on avait dû remettre en état en 1868 les voitures trouvées dans les sections Nord et Sud du Tyrol et qu'en 1869 ce travail de remise en état avait été beaucoup plus faible.

Quant à la diminution des dépenses de combustible, elle résulte d'abord d'une diminution dans le prix moyen du combustible par suite d'un emploi plus considérable de charbon de Saarbruck et de lignite de Sagor par rapport au charbon de Pilsen, et ensuite d'une réduction de consommation par kilomètre de train provenant d'une réduction dans la charge du train moyen.

Bien que le parcours total des trains ait augmenté et soit passé de. 450297ᵏ.4
qu'il était en 1868, à. 474906ᵏ.3

en 1869, la proportion des trains de voyageurs a été beaucoup plus considérable que l'année dernière, ainsi qu'il résulte du tableau suivant.

C'est ce qui explique en même temps la réduction des dépenses d'entretien des machines, les machines à six roues couplées des trains de voyageurs coûtant moins d'entretien que les machines à huit roues des trains de marchandises.

DÉSIGNATION.	1868.	1869.	OBSERVATIONS.
Parcours des trains de voyageurs remorqués par une machine à 6 roues couplées.....	k. 201423.5	k. 311814.9	
Parcours des trains de marchandises remorqués par une machine à 8 roues couplées.....	248873.9	163091.4	
	450297.4	474906.3	
En faisant la même hypothèse que pour le Semmering, le prix de traction ressort à.....	fr. 1.450	fr. 1.276	
par kilomètre de train de voyageurs remorqué par une machine.			
et par kilomètre de train de marchandises remorqué par deux machines, dont une en tête et l'autre en queue, à.....	2.000	2.552	
Consommation moyenne de combustible par kilomètre de train remorqué par une machine.	17k.2	16k.3	
et par kilomètre de machine.....	15 .4	15 .4	

Nonobstant la diminution de charge du train moyen, qui est passé de 100t.6 qu'il était en 1868, à 94t.05 en 1869, le prix de revient de la tonne kilométrique de charge brute a baissé de 0.014422 à 0.013567, accusant pour 1869 une économie de 6 %.

Quant à l'exploitation du Brenner, elle a continué à fonctionner avec la plus grande régularité, sans accident comme sans interruption, malgré un hiver des plus rigoureux et en dépit de ce qu'on semblait redouter des avalanches; tandis que nous avions des embarras de neige répétés sur presque toutes nos lignes, nous n'avons eu à faire usage du chasse-neige, au Brenner, qu'une seule fois pendant toute la durée de la mauvaise saison.

Nous avons poursuivi nos expériences sur les sabots de freins, et, après des essais très-minutieux qui se continuent encore, nous sommes arrivés à trouver que les sabots en fer doux sont préférables aux sabots de bois.

L'usure des bandages ou plutôt la diminution de poids des bandages soumis à l'action des freins est sensiblement la même dans les deux cas pour un même chemin parcouru; l'usure des bandages soumis aux freins à sabots de fer est aussi régulière que celle résultant des sabots en bois.

Le desserrage si redouté des bandages, par suite d'échauffement, n'a pas plus lieu avec l'une qu'avec l'autre espèce de sabots, si le personnel des garde-freins est attentif.

Enfin, les sabots de fer ont l'avantage de durer au moins six mois, tandis qu'il faut souvent changer les sabots de bois à chaque passage du Brenner et quelquefois en route, quand ce sont des sabots en bois blanc qui brûlent facilement.

Aussi en résulte-t-il par wagon freiné et par kilomètre une dépense de 0f.0099 pour le cas de sabots en bois, et de 0f.0069 seulement dans le cas de sabots en fer doux.

Dans ces conditions et tout en cherchant à confirmer ces premiers résultats par d'autres essais, nous remplaçons tous nos sabots de bois par d'autres en fer doux, en prenant toutefois la précaution d'armer d'écrous de rappel nos tiges de manœuvres, afin de pouvoir régulariser l'action des sabots sur les quatre roues du même véhicule.

Au surplus, la question des freins nous préoccupe beaucoup moins que dans le commencement, depuis que nous faisons usage de la contre-vapeur ; c'est ainsi qu'en employant les deux moyens, nous n'hésitons plus à faire descendre sur des rampes de 22 1/2 $^{m}/_{m}$ des trains de 300 au lieu de 175 tonnes, et que nous comptons descendre sur des rampes de 20 $^{m}/_{m}$ des trains de 450 tonnes avec une seule machine en tête et en ne freinant que le 1/4 de la charge totale du train.

Conformément aux indications de M. Le Chatelier, des essais ont été faits, tant au Brenner qu'au Semmering, pour n'employer dans la marche à contre-vapeur que l'injection d'eau ; des essais thermométriques, commencés à ce sujet, ont dû être interrompus par suite de la rupture des appareils, mais on a pu dès le début constater un refroidissement beaucoup plus grand dans les cylindres avec l'injection d'eau seule qu'avec l'injection mixte d'eau et de vapeur ; pour profiter de cet avantage, nous rapprochons notre point d'injection d'eau des boîtes à vapeur et transformons nos robinets de prise d'eau qui avaient trop d'ouverture.

Nous sommes néanmoins d'avis de conserver les robinets de prise de vapeur pour nous en servir en cas de besoin, surtout lorsqu'il s'agit d'arrêt brusque devant un obstacle.

Nous ne citerons que pour mémoire des essais que nous avons faits en jetant le feu au point culminant du Brenner et utilisant le travail de la gravité à la descente pour maintenir la pression dans la chaudière au moyen de la marche à contre-vapeur, bien que ces premiers essais n'aient pas été couronnés de succès à cause de fuites aux tubes provoquées par le courant d'air froid.

Notre but, en poussant aussi loin l'application de la théorie de la contre-vapeur, était de voir si sur des chemins à pentes de 40 $^{m}/_{m}$ nous pourrions nous exposer à marcher impunément, même dans le cas où, par suite d'une grande variation dans le niveau de l'eau, le plafond de la boîte à feu viendrait à n'être plus baigné.

Nous terminons ce qui concerne le Brenner en donnant ci-dessous un tableau comparatif des prix de revient du kilomètre de train au Brenner et au Semmering pendant les deux années 1868 et 1869.

DÉSIGNATION DES CHAPITRES DE DÉPENSES.	DÉPENSES PAR CHAPITRE. DU SEMMERING. en 1868.	DU SEMMERING. en 1869.	DU BRENNER. en 1868.	DU BRENNER. en 1869.	OBSERVATIONS.
1° Locomotives.					
Conduite	0,290	0.265	0,220	0,211	Les trains de marchandises remorqués en double traction ont été considérés comme deux trains.
Combustible	0.655	0.535	0.770	0 695	
Graissage	0.044	0.041	0.044	0 041	
Eau	0.009	0.014	0.012	0.010	
Réparations	0.223	0.222	0.126	0.108	
Frais généraux	0.033	0.033	0.070	0.069	
Total	1.254	1.110	1.242	1.134	
2° Voitures et Wagons.					
Réparations des voitures	0.047	0.041	0.083	0.047	
Réparations des wagons	0.071	0.080	0.099	0.083	
Graissage	0,011	0.011	0.004	0.004	
Frais généraux	0.003	0.004	0.012	0.008	
Total,	0.132	0.136	0.208	0.142	
Total général	1.386	1.246	1.450	1.276	

En rapprochant les résultats de l'année 1869 sur les deux sections, nous trouvons, comme l'année dernière, que les frais de conduite sont plus faibles au Brenner que sur le Semmering, par suite de la plus grande longueur de la section et de la meilleure utilisation du personnel qui en résulte.

Les dépenses de combustible sont beaucoup plus considérables au Brenner qu'au Semmering, ce qui tient uniquement à la plus grande valeur du combustible.

Cette valeur ressort, en effet, pour l'équivalent d'une tonne de coke de Witkowitz, qui nous sert d'unité de comparaison, à

39f.8 au Brenner, et à
21f.1 — Semmering.

Les consommations moyennes par kilomètre de train, qui sont de

16k.3 de coke au Brenner, et de
23 — Semmering,

sont en effet sensiblement proportionnelles aux charges correspondantes de

130t.2 pour le train moyen du Semmering, et de
94t.05 — — Brenner.

L'avantage que nous avions remarqué l'année dernière au profit du Brenner n'existe plus par la raison qu'en 1869 il a été fait moins de trains de marchandises, et que ce sont principalement les machines à marchandises à huit roues couplées du Brenner qui présentent sur les machines à huit roues transformées du Semmering l'avantage d'une moindre consommation de combustible pour un même travail.

Les dépenses de graissage de machines sont sensiblement les mêmes sur les deux sections; celles d'alimentation sont plus favorables au Brenner, par la raison qu'il y a relativement plus d'alimentations naturelles au Brenner qu'au Semmering.

Les dépenses d'entretien des machines sont sensiblement plus faibles au Brenner, par la raison qu'on y a fait relativement beaucoup plus de trains de voyageurs qu'au Semmering avec des machines à six roues couplées, dont l'entretien par kilomètre parcouru est nécessairement plus faible que l'entretien des machines à huit roues couplées employées pour les trains de marchandises. De plus, le trafic des marchandises ayant été relativement plus faible, on a pu employer de préférence les machines à huit roues de la nouvelle construction, en laissant reposer les machines à huit roues transformées qui travaillent moins économiquement que les premières.

Les machines à six et huit roues employées étant encore relativement neuves, il est tout naturel qu'elles aient donné lieu à moins d'entretien que les anciennes machines du Semmering.

Ces dépenses de réparation augmenteront nécessairement avec l'âge du matériel.

Les dépenses d'entretien des voitures et wagons sont sensiblement les mêmes sur les deux sections.

Les dépenses de graissage des véhicules diffèrent considérablement par des raisons que nous avons données précédemment.

Enfin, les frais généraux tendront à se rapprocher sur les deux sections au fur et à mesure de l'augmentation du trafic sur le Brenner.

En résumé, nous trouvons que le kilomètre de train au Semmering est revenu à. 1f.246
et au Brenner à. 1f.276
soit une différence de. . . . . 2.4 %

au lieu de 4.6 % que nous avons constatée entre les deux prix correspondants de 1868.

Si de cette différence on rapproche celle de 38.4 % qui existe entre les chargements des trains moyens du Semmering et du Brenner, on s'expliquera facilement comment, d'après le tableau n° 8, le prix de la tonne kilométrique de charge brute ressort à. 0f.009575
pour le Semmering, et à. 0f.013567
pour le Brenner, prix qui diffèrent entre eux de.. . . . . 41.7 %.

Cette différence tient à deux causes qui tendront à disparaître : l'une, l'élévation des frais généraux par l'accroissement du trafic; et l'autre, le haut prix du combustible au Tyrol, par l'ouverture de la ligne transversale de Villach-Franzensfeste, qui nous permettra d'alimenter le Brenner avec un combustible moins cher.

Nous pensons donc être dans le vrai en répétant ce que nous annoncions déjà l'année dernière, c'est-à-dire qu'à conditions égales de trafic et de prix de combustible, le prix de revient de la tonne kilométrique au Brenner ne devrait pas être supérieur et pourrait même, par suite du plus grand développement de la section, être inférieur au prix correspondant du Semmering.

C'est d'autant plus à attendre que l'influence des courbes, dont les rayons minima ont 285 mètres au Brenner, tandis qu'ils descendent jusqu'à 180 mètres au Semmering, sera moins sensible au Brenner qu'au Semmering, et qu'il résultera une moindre usure de bandages, d'où une diminution dans les frais de réparation et la possibilité de charger davantage les trains.

Cette dernière considération semble d'autant plus juste en ce qui concerne les trains de marchandises, que déjà, en 1869, la charge moyenne de ces trains correspondante à une machine est de 144t.5 au Semmering, tandis qu'elle est de 156t.05, soit de 8 °/₀ supérieure au Brenner, ainsi qu'il résulte du tableau nº 8.

Faisons remarquer, en passant, qu'il serait facile de déduire de ces moyennes le coefficient pratique d'adhérence de nos machines à huit roues couplées dans les deux sections à grandes rampes.

Conclusion.

Pour terminer cette note en la résumant, nous donnons dans le tableau suivant la comparaison pour les années 1868 et 1869 des charges moyennes remorquées et des prix de revient correspondants par kilomètre de train et par tonne kilométrique sur les différentes lignes et sections du réseau.

DÉSIGNATION DES LIGNES ET SECTIONS.	ANNÉE.	PARCOURS DES TRAINS.		CHARGEMENT BRUT du train moyen.	NOMBRE D'ESSIEUX de train moyen.	PRIX DE REVIENT		OBSERVATIONS.
		Voyageurs et mixtes.	Marchandises et militaires.			par kilomètre de train.	par tonne kilométrique.	
				tonnes.		fr.		
Ligne principale de Vienne à Trieste et ses embranchements.....	1868.	3,408352.0	5,489472.0	189.8	42.4	0.876	0.004615	
	1869.	3,866880.0	5,079182.0	202.85	44.0	0.904	0.0044557	
Section du Semmering...	1868.	98185.6	270488.9	124.9	28.9	1.386	0.011098	
	1869.	98178.0	329490.0	130.2	28.5	1.246	0.009575	
Autres sections réunies de la ligne principale et de ses embranchements....	1868.	3,310166.4	5,212985.0	192.66	43.0	0.853	0 004431	
	1869.	3,768702.0	4,749692.0	206.45	44.7	0.886	0.004293	
Ligne du Tyrol.....	1868.	607972.4	409586.6	112.4	27.8	1.284	0.011426	
	1869.	812066.0	302158.0	107.3	26.2	1.034	0.009644	
Section du Brenner.....	1868.	201423.5	248873.9	100.6	24.6	1.450	0.014422	
	1869.	311814.9	163091.4	94.05	23.0	1.276	0.013567	
Autres sections de la ligne du Tyrol.....	1868.	406548.9	160724.7	121.78	30.2	1.152	0.009461	
	1869.	500251 1	139066.6	117.12	28.6	0.855	0.007303	
Ensemble du réseau.....	1868.	4,016324.4	5,899070.6	181.66	41.0	0.917	0.005048	
	1869.	4,678946.0	5,381340.0	192.24	43.6	0.918	0.004776	

Le prix de revient de la traction par kilomètre pour l'ensemble du réseau ressort pour l'année 1869 à. 0f.918
prix qui ne diffère de celui correspondant de. 0f.917
pour 1868 que d'une quantité tout à fait insignifiante, soit. . . . 1 °/₀₀

Le prix de revient par tonne kilométrique de charge brute est au contraire pour 1869 de. 0f.004776
tandis qu'en 1868 il était de. 0f.005048
soit de. . . . . 5.4 °/₀
inférieur.

Ce résultat favorable tient à ce que la charge moyenne des trains a subi un accroissement correspondant en passant de. 181t.66
qu'elle était en 1868, à. 192t.24
pour l'exercice 1869.

La raison dominante de l'économie totale réalisée en 1869 sur l'ensemble du réseau est donc la meilleure utilisation de la puissance des machines, favorisée par un trafic considérable, assez uniforme pendant les différentes périodes de l'année et relativement assez bien réparti dans les deux sens du mouvement.

Les bons résultats acquis pourront-ils être maintenus? C'est ce que nous ne saurions préjuger; nous nous bornerons à faire observer que, pour maintenir le prix très-bas de la tonne kilométrique auquel nous sommes arrivés, il faut, en dehors des conditions de trafic précédemment définies, que nous soyons toujours assurés de rencontrer les bonnes dispositions et le concours du service du mouvement, dont l'influence sur le bon chargement des trains est considérable.

L'avenir ne dépend donc pas uniquement des efforts qui ne manqueront pas d'être faits par le service du matériel et de la traction.

N° 1. — État comparatif des dépenses de traction et d'entretien du matériel des années 1860 à 1869.

Ligne principale de Vienne à Trieste et ses embranchements sur la Hongrie, la Carinthie, la Croatie et l'Italie.

12 Vienne-Trieste et embranchement de Laxenburg.....
22 Pragerhof Ofen; Stuhlweissenburg-Uj-Szöny.....
32 Neustadt-Œdenburg-Kanizsa.....
42 Marburg-Villach.....
52 Steinbrück-Sissek; Agram-Karlstadt.....
62 Nabresina-Cormons (frontière italienne).....
72 Bruck-Leoben.....
82 Kanizsa-Barcs.....
} 1,665 kilomètres.

DÉTAILS DES PARCOURS ET DÉPENSES.	1860.	1861.	1862.	1863.	1864.	1865.	1866.	1867.	1868.	1869.	Réduction des dépenses de 1869 sur 1860.	OBSERVATIONS.
	k.	k.	k.	k.	k.	k.	k.	k.	k.	k.		
Parcours des trains.....	3,990.493	5,542,559	5,345,937	4,551,630	5,145,561	5,964,956	7,871,582	7,362,289	8,897,824	8,946,062		
— des machines.....	4,561,279	6,078,358	5,701,986	4,797,530	5,442,219	6,299,816	8,434,024	7,680,649	9,364,576	9,371,373		
Excédant p. 100.....	14.30	9.66	6.66	5.40	5.76	5.61	7.14	5.67	5.24	4.75		
Parcours des véhicules.....	60,709,104	107,670,965	109,877,641	91,860,307	106,766,631	123,694,395	163,980,326	153,732,854	183,543,512	195,031,789		
Dépense de traction et d'entretien.....	7,958,366f. 92	8,295,802f. 00	7,668,344f. 85	5,833,419f. 10	5,563,529f. 75	5,838,929f. 97	7,630,995f. 25	7,161,841f. 77	7,795,568f. 83	8,044,966f. 55		LONGUEUR des lignes en exploitation.
Dépense par kilomètre de train.												
	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	0/0	k.
1° LOCOMOTIVES.												
Conduite.....	0.254	0.223	0.230	0.255	0.208	0.198	0.189	0.196	0.162	0.171	32.7	1860. 722
Combustible.....	0.828	0.685	0.549	0.454	0.367	0.323	0.297	0.295	0.271	0.257	68.9	1861. 1,025
Graissage.....	0.077	0.083	0.071	0.052	0.035	0.030	0.033	0.027	0.029	0.028	63.7	1862. 1,150
Eau.....	0.066	0.033	0.031	0.024	0.017	0.013	0.009	0.010	0.005	0.005	92.4	1863. 1,278
Réparations.....	0.351	0.236	0.269	0.203	0.188	0.166	0.151	0.189	0.160	0.177	49.5	1864. 1,316
Frais généraux.....	0.083	0.061	0.072	0.100	0.082	0.069	0.051	0.061	0.047	0.047	43.3	1865. 1,526
												1866. 1,526
2° VOITURES & WAGONS.												1867. 1,580
Réparations des voitures.....	0.095	0.036	0.068	0.070	0.071	0.071	0.067	0.068	0.060	0.067	29.4	1868. 1,665
— des wagons.....	0.175	0.069	0.094	0.078	0.063	0.070	0.068	0.091	0.112	0.121	30.8	1869. 1,665
Graissage.....	0.042	0.038	0.037	0.034	0.021	0.020	0.017	0.020	0.016	0.016	61.9	
Frais généraux.....	0.023	0.016	0.019	0.022	0.017	0.017	0.011	0.015	0.014	0.015	34.8	
Total par kilomètre de train.	1.994	1.480	1.440	1.292	1.069	0.977	0.893	0.972	0.876	0.904	—	
Réduction p. 0/0 sur 1860.	—	25.7 0/0	27.8 0/0	35.1 0/0	46.3 0/0	50.9 0/0	55.2 0/0	51.2 0/0	56.1 0/0	54.6 0/0	54.6 0/0	

N° 2. — **Tableau comparatif** *des charges totales remorquées sur la ligne principale de Vienne à Trieste et tous ses embranchements et des prix de revient de traction et d'entretien du matériel par tonne kilométrique de charge brute remorquée pendant les années 1865 à 1869 inclusivement.*

ANNÉES.	Longueurs des lignes exploitées.	Parcours total des trains.	NOMBRE D'ESSIEUX PAR TRAIN.				CHARGEMENT BRUT MOYEN D'UN TRAIN.				TRAVAIL TOTAL EN TONNES kilométriques.	DÉPENSES TOTALES de traction et d'entretien DU MATÉRIEL.	PRIX DE REVIENT de la tonne kilométrique de charge totale.	PRIX DE REVIENT du kilomètre DE TRAIN.	OBSERVATIONS.
			Voyageurs.	Mixtes.	Marchandises.	Moyenne.	Voyageurs.	Mixtes.	Marchandises.	Moyenne.					
	en kilom.	en kilom.					en tonnes.					en francs.	en francs.	en francs.	
1865....	1526	5,964,955	27.4	36.1	50.5	43.6	94.55	134.9	221.6	177.4	1,058,224,000	5,828,929 97	0.005508	0.977	
1866....	1526	7,871,582	28.2	36.6	51.1	44.6	98.75	105.7	214.6	183.5	1,444,133,000	7,030,292 25	0.004868	0.893	
1867....	1580	7,362,289	24.8	37.4	51.4	42.1	85.90	152.0	226.9	177.35	1,305,630,000	7,162,841 77	0.005486	0.972	
1868....	1665	8,897,324	25.4	37.7	49.7	42.4	90.60	158.55	234.15	189.8	1,688,803,000	7,795,568 83	0.004615	0.876	
1869....	1665	8,946,062	26.9	40.3	52.9	44.0	96.30	174.80	259.65	202.85	1,814,497,236	8,084,908 55	0.0044557	0.904	

N° 4. — *Comparaison des dépenses de traction du Semmering avec les autres sections de la ligne principale de Vienne à Trieste et ses embranchements.*
(Par kilomètre de train.)

DÉSIGNATION des lignes.	1860	1861	1862	1863	1864	1865	1866	1867	1868	1869
LIGNE DU SUD.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.
Semmering seul.....	2 85	2 40	2 29	2 155	1 885	1 700	1 491	1 666	1 386	1 246
Autres sections.....	1 89	1 42	1 39	1 238	1 021	0 942	0 861	0 940	0 853	0 886
Ensemble des lignes du Sud....	1 99	1 48	1 41	1 292	1 069	0 977	0 893	0 972	0 876	0 904
Réduction p. 100 pour le Semmering.....	—	15.8 o/o	19.7 o/o	24.4 o/o	33.9 o/o	40.4 o/o	47.6 o/o	41.5 o/o	51.3 o/o	56.3 o/o

N° 3. — CHEMIN DE FER DU SUD DE L'AUTRICHE.

Section du Semmering.

État comparatif des dépenses de traction et d'entretien du matériel des années 1864 à 1869.

DÉSIGNATION des DÉPENSES.	Dépenses de 1864.		Dépenses de 1865.		Dépenses de 1866.		Dépenses de 1867.		Dépenses de 1868.		Dépenses de 1869.	
	totales.	par kilomètre.	totales.	par kilomètre.	totales.	par kilomètre.	totales.	par kilomètre.	totales.	par kilomètre.	totales.	par kilomètre.
1° Locomotives.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.
Conduite	103.289 47	0 355	100.297 58	0 363	121.214 08	0 309	111.687 10	0 338	108.632 93	0 290	113.385 52	0 265
Combustible	254.447 37	0 875	225.073 85	0 817	288.642 07	0 735	258.315 05	0 783	245.299 02	0 655	228.639 50	0 535
Graissage	14.181 28	0 049	11.505 52	0 042	17.041 22	0 043	13.143 47	0 040	16.420 83	0 044	17.857 95	0 041
Eau	7.547 35	0 026	5.807 20	0 021	5.338 05	0 014	4.594 53	0 014	3.515 00	0 009	6.062 58	0 014
Réparations des locomotives	118.944 55	0 409	74.511 33	0 270	97.021 85	0 247	102.431 57	0 311	83.570 17	0 223	94.981 90	0 222
Frais généraux	18.168 95	0 062	17.755 82	0 064	18.290 50	0 047	18.070 50	0 054	12.395 35	0 033	13.984 30	0 033
Total	516.578 97	1 776	434.951 30	1 577	547.547 77	1 395	508.242 22	1 540	469.833 30	1 254	474.911 75	1 110
2° Voitures et wagons.												
Réparations des voitures	14.414 25	0 050	16.006 03	0 058	16.128 28	0 041	15.568 47	0 048	17.563 67	0 047	17.590 70	0 041
Id. wagons	12.083 83	0 042	12.666 47	0 046	16.412 15	0 042	20.114 63	0 061	26.910 85	0 071	34.312 72	0 080
Graissage	4.067 77	0 013	3.851 57	0 014	4.116 85	0 010	4.498 95	0 013	3.999 66	0 011	4.497 88	0 011
Frais généraux	1.159 70	0 004	1.384 25	0 005	1.291 82	0 003	1.481 35	0 004	1.205 10	0 003	1.711 15	0 004
Total	31.725 55	0 109	33.908 32	0 123	37.948 10	0 096	41.663 40	0 126	49.679 30	0 132	58.112 45	0 136
Total général	548.304 52	1 885	468.859 62	1 700	585.495 87	1 491	549.905 62	1 666	519.512 60	1 386	533.024 20	1 246

OBSERVATIONS. — Parcours des trains : 1866, 392,431 kilom. Parcours des trains : 1867, 329,908 kilom.; 1868, 374,672,5 kilom.; 1869, 427,668 kilom. — Parcours des véhicules : 1867, 4,707,447 kilom.; 1868, 5,276,784 kilom.; 1869, 6,078,742,5 kilom.

N° 5. — *Comparaison de la consommation de combustible sur le Semmering.*

ANNÉES.	Kilogrammes de COKE.	Kilomètres de TRAIN.	Kilomètres de machines y compris les manœuvres de gare.	CONSOMMATION par kilomètre de train.	CONSOMMATION par kilomètre de machine.	OBSERVATIONS.
				kilog.	kilog.	
1860	15.380.997	425.969	468.465	36	32	
1861	11.387.009	349.730	382.516	32	29	
1862	8.332.543	300.717	309.448	27	26	
1863	7.129.978	269.826	295.414	26	24	
1864	7.335.709	290.779	320.402	25	22.8	
1865	6.766.034	275.531	301.991	24.5	22.4	
1866	8.568.449	392.431	428.381	21.8	20	
1867	7.729.248	329.907	364.651	23.4	21.1	
1868	8.998.111	374.672.5	415.659.7	24	21.6	
1869	9.881.963	427.668	471.394	23	20 96	

N° 6. — *Comparaison des dépenses totales d'exploitation du Semmering avec celles des autres sections de la ligne principale de Vienne à Trieste et de ses embranchements.*

DÉSIGNATION des DÉPENSES.	SEMMERING. Dépenses par train complet de marchandises passant en deux fois.			SEMMERING. Dépenses par train de voyageurs.			Autres sections du réseau. Voyageurs et marchandises.		
	1867.	1868.	1869.	1867.	1868.	1869.	1867.	1868.	1869.
	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.
Traction	3.332	2.772	2.492	1.666	1.386	1.246	0.940	0.853	0.886
Voie, bâtiments et surveillance	1.692	1.720	1.754	0.846	0.860	0.877	0.666	0.595	0.615
Mouvement	0.830	0.740	0.891	0.830	0.740	0.891	0.830	0.740	0.891
Administration générale	0.130	0.110	0.128	0.130	0.110	0.128	0.130	0.110	0.128
Total par train et kilomètre	5.984	5.342	5.265	3.472	3.096	3.142	2.566	2.298	2.520

N° 7. — *État comparatif des dépenses de traction et d'entretien du matériel sur la ligne du Tyrol et la section du Brenner pendant les années 1868 et 1869.*

1° Kufstein-Innsbruck : (Tyrol-Nord) .....
2° Innsbruck-Botzen : (Section du Brenner, 125 kilomètres). } 307 kilomètres.
3° Bozen-Ala : (Tyrol-Sud) .....

DÉTAILS DES PARCOURS ET DÉPENSES.	LIGNE DU TYROL. 1868.	LIGNE DU TYROL. 1869.	SECTION DU BRENNER. 1868.	SECTION DU BRENNER. 1869.
	k.	k.	k.	k.
Parcours des trains	1,017,571	1,114,214	450,297 4	474,906 3
— des machines	1,046,345	1,121,195	471,849	476,795 3
Excédant p. 100	2.82	0.62	4.56	0.40
Parcours des véhicules	15,255,636	17,366,607	5,660,923 5	5,520,544 6
Dépense de traction et d'entretien	1,307,123f.55	1,152,949f.87	659,529f.72	606,054f.73
Dépense par kilomètre de train.				
1° LOCOMOTIVES.	fr.	fr.	fr.	fr.
Conduite	0.190	0.188	0.220	0.211
Combustible	0.607	0.480	0.770	0.695
Graissage	0.035	0.032	0.044	0.041
Eau	0.009	0.006	0.012	0.010
Réparations	0.121	0.111	0.126	0.108
Frais généraux	0.068	0.061	0.070	0.069
2° VOITURES & WAGONS.				
Réparations des voitures	0.120	0.048	0.093	0.047
— des wagons	0.114	0.093	0.099	0.088
Graissage	0.005	0.004	0.004	0.004
Frais généraux	0.015	0.011	0.012	0.008
Total par kilomètre de train	1.284	1.034	1.450	1 276

N° 8. — Tableau comparatif

des charges totales remorquées sur les sections du Semmering et du Brenner, et comparaison des prix de revient de la tonne kilométrique sur ces deux sections, pendant les années 1868 *et* 1869.

SECTIONS.	Longueurs des lignes exploitées.	Exercice.	Parcours total des trains.	NOMBRE D'ESSIEUX PAR TRAIN.				CHARGEMENT BRUT MOYEN D'UN TRAIN.				TRAVAIL TOTAL EN TONNES kilométriques.	DÉPENSES TOTALES de traction et d'entretien DU MATÉRIEL.	PRIX DE REVIENT de la tonne kilométrique de charge totale.	PRIX DE REVIENT du kilomètre DE TRAIN.
				Voyageurs.	Mixtes.	Marchandises.	Moyenne.	Voyageurs.	Mixtes.	Marchandises.	Moyenne.				
	en kilom.		en kilom.					en tonnes.					en francs.	en francs.	en francs.
Semmering.	41.72	1868..	374.672.5	21.8	»	31.4	28.9	78.15	»	141.5	124.9	46.810.000	519.512 60	0.011098	1.386
		1869..	427.668.0	22.8	»	31.1	28.5	81.75	»	144.5	130.2	55.664.171	533.024 20	0.009575	1.246
Brenner...	125	1868..	450.297.4	18	20.3	31.7	24.6	63.4	74.15	141.35	100.6	45.312.000	653.523 72	0.014422	1.450
		1869..	474.906.3	17	»	34.3	23.0	61.65	»	156.05	94.5	44.670.730	606.054 73	0.013567	1.276

OBSERVATIONS. — Les trains de marchandises remorqués en double traction ont été considérés comme deux trains.

ÉTUDE SUR LA JURISPRUDENCE

EN MATIÈRE DE

MARCHÉS DE TERRASSEMENTS

COMPTE RENDU DE L'OUVRAGE DE M. NORDLING

PAR M. E. FLACHAT.

La préparation des contrats d'entreprise de travaux est l'œuvre la plus difficile de l'ingénieur. Cela n'a jamais été dit, mais il n'est pas un d'entre nous que l'expérience n'ait conduit à se faire cet aveu à lui-même.

Nous avons commencé sur le velours. A l'abri de la juridiction administrative, les ingénieurs du Gouvernement avaient rédigé un *cahier de clauses et conditions générales* qui faisait loi dans les rapports des entrepreneurs avec les agents de l'État. A ce cadre d'obligations se rattachaient, comme spécification des travaux à exécuter, un *cahier des charges* stipulant les conditions locales, les clauses spéciales et les règles d'exécution des travaux; une *série de prix* stéréotypée dans chaque département; pour les terrassements, les *profils en long et en travers, le métré;* pour les transports, les calculs du *mouvement des terres;* enfin un *détail estimatif* des travaux. Pour les travaux d'art, les dessins de projets, les *métrés,* le *devis descriptif* et *détail estimatif*, avec application des prix de la *série* aux quantités d'ouvrages. Tous ces documents complétaient les éléments constitutifs des obligations de l'entrepreneur.

Ce marché ainsi constitué n'était pas en réalité un contrat; l'ingénieur qui l'avait préparé n'y était pas partie civile; c'était l'État vis-à-vis d'un administré, le supérieur vis-à-vis de l'inférieur, le fort vis-à-vis du faible, et l'ingénieur chargé de diriger l'exécution prenait bien plutôt les habitudes du maître et du patron vis-à-vis de l'ouvrier, que celles d'une partie au contrat ayant le sentiment d'obligations égales et réciproques.

Ce sont ces mêmes éléments qui, depuis, ont servi de forme aux conventions consenties entre les entrepreneurs et les Compagnies de chemins de fer, lorsque celles-ci en ont confié l'exécution à leurs ingénieurs sous l'empire de la juridiction ordinaire.

Sous ce régime, il a été exécuté pour plusieurs milliards de travaux

publics; mais chaque jour a vu poindre l'impossibilité de maintenir le principe d'autorité qui était la base du contrat.

L'action des tribunaux ordinaires a forcé incessamment les parties de revenir au droit commun. La juridiction civile n'a pas voulu reconnaître l'inégalité des droits et des responsabilités.

Les tribunaux n'ont voulu admettre ni le droit exclusif de l'ingénieur d'interpréter le contrat, ni celui de donner des ordres qui altéraient les dispositions premières, ni celui de substituer une régie aux risques et périls de l'entrepreneur sans contrôle ou participation de celui-ci.

Les contrats se sont trouvés ainsi fort affaiblis parce qu'aucune clause n'est venue remplacer celles dont l'efficacité disparaissait; la porte a été ouverte aux réclamations, et il en a été fait un abus considérable. Sous prétexte qu'une perte qui ruine un entrepreneur est sans influence sur la situation d'une grande Compagnie, les éventualités des travaux ont été mises par les tribunaux à la charge des Compagnies. Or, comme la plus grande part de ces éventualités provient d'études préalables incomplètes, il fallait, pour améliorer le contrat, restreindre le nombre et l'importance de ces éventualités par un travail préparatoire approfondi; il fallait ensuite donner à l'entrepreneur une initiative aussi complète que possible dans l'appréciation des dépenses.

Nous avons dit que dans le contrat administratif les conséquences de l'erreur ou de l'oubli incombaient toutes à l'entrepreneur malgré que les formes de l'adjudication n'imposassent à celui-ci ni études ni vérifications préalables. Il assumait ainsi toutes les éventualités qui ne manquent jamais de se produire dans des travaux incomplétement étudiés par celui qui est chargé de leur exécution. L'entrepreneur devenait un agent pécuniairement responsable de conditions dont il n'avait pas pris l'initiative. S'il était honnête et habile, si l'ingénieur était à la fois juste et impartial le contrat s'exécutait, à moins que la somme des imprévisions fût telle que le crédit alloué fût dépassé. Dans ce dernier cas, la juridiction administrative prononçait, et toujours ou presque toujours, dans le sens de la responsabilité que les clauses et conditions générales imposaient à l'entrepreneur.

L'une des lacunes principales des *clauses et conditions générales* était pour l'entrepreneur dans l'absence de moyen gracieux ou judiciaire de coercition dans la constatation de ses droits, en cours de travaux, aussitôt qu'une imprévision grave se manifestait. Tous actes de ce genre qui eussent fait connaître, soit l'abus d'autorité d'un agent secondaire, soit l'erreur ou l'oubli de l'ingénieur dans l'appréciation des travaux, eussent entraîné la résiliation de son contrat et se trouvaient, par ce motif, ajournés au règlement définitif, c'est-à-dire lorsque l'ensemble des preuves était difficile, sinon impossible à recueillir.

Même dans le cas où l'ingénieur procédait avec la plus stricte justice, son devoir de conservateur des conditions du contrat lui faisait la loi de

ne consentir, en cours de travaux, à aucune concession tendant à affaiblir les droits de l'État vis-à-vis de l'entrepreneur.

Il est donc résulté du passage dans la juridiction civile de contrats construits pour la juridiction administrative une sorte d'épuration des clauses basées sur le principe d'autorité. Il a fallu y substituer le principe d'égalité et de réciprocité, et c'est ce travail qui s'accomplit chaque jour.

L'ouvrage de M. Nordling est, à cet égard, d'une utilité inappréciable, parce qu'il est l'œuvre de l'expérience, et qu'il nous vient dans un moment où l'expérience seule peut et doit servir à modifier une législation encore incertaine.

L'auteur s'y montre empreint d'un profond sentiment de bonne foi et de bon sens. Ses aspirations et ses principes sont le résultat d'une conviction sincère basée sur une longue expérience.

En première ligne, il fait à l'ingénieur le devoir d'atténuer les causes d'erreur par une étude préalable très-approfondie des natures et quantités d'ouvrage et des difficultés d'exécution; d'exiger ensuite que l'entrepreneur ait pris, avant de s'engager, la connaissance la plus complète à son point de vue spécial, des conditions d'exécution (main-d'œuvre, matériaux, ressources locales, nature des terrains, délai d'exécution, installation des chantiers, causes d'interruption des travaux, etc.)

L'erreur est toujours au fond des dissentiments auxquels donne lieu un marché quel qu'il soit. En réalité, tous les marchés sont à forfait, qu'ils reposent sur un ensemble de travaux ou sur une série de prix. Dans le premier cas, le forfait implique simplement une plus grande somme de risques que le second. Tous les prix de la série comportent des éventualités d'erreur, ils sont donc des marchés à forfait. Il suffit, pour s'en convaincre, de lire la nomenclature des causes des procès les plus importants dans les marchés sur série de prix : dureté de rocher ; cube imprévu de rocher; rocher imprévu en blocs erratiques; classification à forfait de la nature du terrain; foisonnement; rochers exceptionnels; sondages incomplets; proportion imprévue de rocher, etc.

Avant d'entrer en matière, l'auteur exprime ses préférences sur les deux formes de contrat d'entreprise : le marché à forfait et le marché sur série de prix.

Nous reproduisons ses expressions :

« Le *marché à forfait* est prévu par le Code Napoléon pour la construction des maisons, et il a été, il y a une quinzaine d'années, fréquemment appliqué à la construction des chemins de fer. Il est, croyons-nous, encore fort en usage en Angleterre, et il jouit, en ce moment, d'un singulier retour de faveur en Autriche. En France, il n'a pas réussi généralement et ne pouvait pas réussir, car, pour être valide le marché à forfait doit, d'après le Code Napoléon, être basé sur un plan ou un projet con-

venu. Or il est bien difficile, pour ne pas dire impossible, de dresser à l'avance le projet complet d'un chemin de fer; aussi la plupart des forfaits ont-ils péri : les uns, parce que le projet à l'appui du traité n'était pas assez détaillé; les autres, parce qu'on avait dû s'en écarter en cours d'exécution. Le marché à forfait ayant d'ailleurs servi d'instrument à des spéculateurs, il est tombé dans le discrédit, et le *marché sur série de prix* a regagné la place qu'il avait perdue.

« La différence entre ces deux formes de marché est très-tranchée en principe. Dans le marché à forfait, en effet, le but à atteindre, et par suite et jusqu'à un certain point la quantité de l'ouvrage à exécuter, doit être bien déterminé à l'avance; les moyens seuls sont abandonnés à l'entrepreneur à ses risques et périls. Dans le marché sur série de prix, au contraire, les prix d'unité sont seuls fixés, et les quantités d'ouvrages peuvent varier indéfiniment; l'entrepreneur est payé non plus en proportion du but atteint, mais en proportion des moyens employés, en proportion des quantités réellement exécutées. Cette forme de marché se concilie beaucoup mieux avec les exigences des travaux publics, et constitue bien certainement la vraie solution générale. Cependant elle est en défaut, ou du moins elle ne suffit pas à elle seule dans le cas spécial des *déblais;* les nombreuses contestations y relatives le prouvent. »

Arrêtons-nous un instant sur ces courtes définitions.

Au premier coup d'œil cela paraît simple, mais la pratique ne confirme pas les conclusions de l'auteur.

Dans tous les contrats d'entreprise, il y a toujours de fait trois parties : l'une est la Compagnie, l'autre l'entrepreneur, la troisième est l'ingénieur. Celui-ci est irresponsable, qu'il dirige ou ne dirige pas les travaux.

Examinons les conséquences de cette intervention, au point de vue de la forme des marchés.

En général, dans l'une comme dans l'autre forme de marché, les moyens d'exécution sont abandonnés à l'entrepreneur à ses risques et périls, le contrôle seul de l'ingénieur est nettement spécifié. Dans aucun contrat la direction des moyens d'exécution n'est réservée à l'ingénieur par un texte précis. Cependant il y a cela de remarquable que, dans le marché sur série de prix, l'ingénieur prend, la plupart du temps, la direction des travaux difficiles en ce qui concerne l'installation des chantiers; sa responsabilité explique cette intervention. Des dépenses imprévues entrent dans les éventualités du contrat; elles s'appliquent à des accidents auxquels nulle part n'est faite dans la série, et qu'une mauvaise installation peut faire naître ou aggraver. Ce sont les conséquences des pluies, des terrains éboulеux, tout ce qui entraîne des dépenses accessoires et faux frais, tels que les étayements dans les fouilles ou les tunnels, la mauvaise constitution des remblais, les épuisements. Il ap-

partient à l'ingénieur d'exercer une autorité dont le but est justement de préserver l'État ou les Compagnies des éventualités auxquelles une mauvaise installation est exposée. D'un autre côté, la responsabilité des conséquences de cette direction par l'ingénieur répugne autant aux Compagnies qu'à l'ingénieur lui-même, et alors on cherche à l'éviter par une modification du contrat, là où la somme de ces éventualités peut être supérieure à celles qu'implique un contrat de travaux sur série de prix. Ce cas se présente dans les tunnels. Dans ces travaux, la lutte contre les difficultés que la nature oppose exige un choix de moyens préparatoires et des installations spéciales; la responsabilité suit de si près l'imprudence ou l'oubli qu'il faut qu'elle soit immédiate, et, dans ce cas, l'autorité doit suivre la responsabilité. On cherche alors dans l'entrepreneur l'expérience, l'habileté reconnue, la possession des moyens d'exécution et la solvabilité. Le mètre courant du tunnel ou le tunnel entier est traité à forfait et l'entrepreneur laissé à lui-même, quant aux moyens d'exécution. L'ingénieur n'exerce plus qu'une surveillance dans l'intérêt de la bonne exécution et de la sécurité publique.

Ce qui se fait pour les tunnels se fait également pour les travaux d'art. Après en avoir décrit, avec des détails aussi complets que possible, les dispositions de l'ouvrage et la dépense d'exécution, le contrat est constitué par une soumission, par le cahier des charges et le cahier des clauses et conditions générales. Mais les *métrés*, la *série de prix* et le *devis estimatif* des dépenses qui ont servi à fixer le montant de l'entreprise ne sont plus considérés qu'à titre de renseignements, et un prix à forfait est substitué aux prix sur quantités d'ouvrages.

Les grandes Compagnies de chemins de fer ont adopté les deux systèmes résumés ici, mais avec d'heureuses modifications dans l'intérêt réciproque des entrepreneurs et de la Compagnie.

Les séries de prix sont laissées en blanc, la nature des terrains est étudiée soigneusement au moyen de puits. La nature des matériaux, les carrières dont ils doivent provenir, le régime des eaux superficielles, en un mot, tout ce qui intéresse l'entrepreneur est livré à son investigation personnelle. Il doit donc établir lui-même les prix et ne peut, ainsi que cela s'est vu un très-grand nombre de fois, exciper de son ignorance à cet égard.

Examinons maintenant le marché à forfait dans son acception la plus générale, celle qui embrasse l'exécution tout entière d'un chemin de fer soit au kilomètre, soit en bloc.

L'intérêt d'un pareil contrat se comprend de la part de certains capitalistes qui veulent asseoir une opération sur des bases certaines. Il se comprend encore de la part de l'entrepreneur qui est séduit par les avantages d'une direction indépendante dans l'exécution de ses travaux, exempte de toute concurrence d'entrepreneurs voisins, sur la main-

d'œuvre et sur les matériaux, disposant d'un état-major de tâcherons ou sous-traitants dont la capacité lui est connue, etc.

Deux catégories d'entrepreneurs recherchent ces marchés, on peut dire même qu'ils n'en acceptent pas d'autres. Les uns sont de puissantes maisons qui, disposant d'un personnel d'ingénieurs instruits et expérimentés et d'un matériel considérable, jugent, sur un simple avant-projet, les éventualités dont l'entreprise est susceptible et s'engagent à l'exécuter pour une somme fixe. Un seul chemin de fer ne suffit pas à les occuper, ils en entreprennent plusieurs et s'engagent à concurrence de trois à quatre cents millions. C'est là un jeu de hasard, moins l'immoralité; les forces humaines comme intelligence, activité et responsabilité sont dépassées par de pareils développements d'affaires.

Ce serait assurément une histoire fort intéressante que celle des travaux achevés par ces grands entrepreneurs : les uns y ont acquis une grande fortune et la considération publique, d'autres y ont trouvé une double ruine, morale et matérielle. Mais le profit et la perte sont habituellement venus de la même cause, l'absence d'études préalables suffisantes.

C'est là, ce sera toujours là l'écueil. Un contrat n'est sincère que lorsque les parties connaissent à fond les obligations qu'ils s'imposent. Il n'est pas plus moral de vendre que d'acheter des risques incomus. Et, là où ces risques sont susceptibles de mesure, un entrepreneur qui néglige de les mesurer avant de s'engager est coupable envers lui-même, au premier chef.

A ce point de vue, on ne peut condamner en termes assez sévères une autre catégorie d'entrepreneurs prêts à tout, qui viennent aujourd'hui faciliter par des traités à forfait les entreprises les moins productives. L'avant-projet qui a servi au vote d'un Conseil général de département est aussi incomplet que le serait un livre qui ne contiendrait que son titre et sa table des matières. C'est cependant sur cette œuvre sommaire que ces Conseils et le Gouvernement lui-même distribuent des subventions, acceptent des offres d'entreprises à forfait et présentent ainsi à l'épargne privée le prestige trompeur d'une entreprise à laquelle ils ont contribué par leur examen et leur participation.

Cela est vraiment un des caractères les plus bizarres à la fois et les plus regrettables de notre époque, qu'après tant de ruines, tant de déceptions, ce soient le Gouvernement et les Conseils généraux qui donnent les premiers et les plus fréquents exemples d'appel au public par l'adjudication sur les documents les plus sommaires d'entreprises dans lesquelles l'épargne publique et privée doit être engagée

Un tracé fait à la hâte, un profil à peine ébauché, pas d'études de terrassements, de travaux d'art, de stations, pas une difficulté abordée, rien que des données générales, des moyennes : telles sont les bases sur lesquelles le Gouvernement engage le produit de l'impôt et la fortune

privée, en ayant bien soin de laisser à cette dernière tous les risques qui peuvent être la conséquence d'études aussi incomplètes.

Ce que sèment le Gouvernement et les Conseils généraux par un pareil système, ce sont des entreprises mort-nées faute de produits. Ce qu'ils recueillent, ce sont les offres d'entrepreneurs qui ne voient, n'attendent et ne cherchent qu'un seul bénéfice, celui de la construction ; offres sans valeur, parce qu'elles sont faites sans examen, sans études et souvent sans expérience.

C'est ainsi que directement ou indirectement l'exécution d'une œuvre que l'adjudication livre aux mains hardies qui s'en emparent à tout risque, conduit fatalement à des traités à forfait dans lesquels ceux qui commencent s'empressent de rejeter sur d'autres qui les suivent ces hasards qu'ils n'ont voulu ni étudier ni mesurer.

La première de toutes les conditions d'un marché à forfait est, de la part de l'entrepreneur, de disposer de l'expérience et des notions de l'ingénieur, avec une supériorité réelle ; d'avoir fait une étude approfondie des travaux qu'il entreprend ; d'avoir acquis sur les quantités d'ouvrages les notions les plus complètes et, après cela, de mesurer les risques de l'ordre naturel qui naîtront de ses travaux mêmes. — Nous n'hésitons pas à dire que l'ensemble de ces conditions exige, pour une entreprise importante, un groupe d'hommes d'élite dont l'union et le concours sont rares.

Une seule de ces conditions se produit-elle dans les entreprises que nous voyons surgir de toutes parts soit avant, soit après les adjudications provoquées par l'État?

Cette digression sur les marchés d'entreprises de travaux était nécessaire pour ne pas vous laisser sous l'impression qui semble être celle de M. Nordling, que le traité à forfait tend à disparaître, et que le *marché sur série de prix constitue bien certainement la vraie solution générale.* — Cela n'est vrai que pour les grandes Compagnies de chemins de fer, disposant d'un service d'ingénieurs expérimentés, façonnés aux travaux de chemins de fer par une longue pratique, aidés d'un personnel rompu comme eux aux mêmes études, et offrant les garanties morales d'une profession où la confiance est obligatoire, et fait de l'estime réciproque la condition essentielle du présent et de l'avenir de chacun. Dans ces marchés, l'œuvre de l'ingénieur est d'affaiblir les risques de l'entrepreneur par tous les moyens que l'étude peut fournir ; de provoquer et d'imposer les études préalables. Ainsi élaborée et suivie pied à pied par un contrôle continu sur la qualité des travaux, l'œuvre est bonne si chacun fait son devoir ; les bénéfices sont toujours comptés dans les estimations ; des fautes peuvent les faire disparaître, mais cela devient rare, et la profession d'entrepreneur n'est plus livrée au hasard résultant d'examens incomplets ou impossibles, et aussi de la direction à laquelle il est soumis.

Pour qu'il en soit tout à fait ainsi, M. Nordling fait ressortir avec un

grand soin tout ce qui dans le marché sur série de prix ressemble au marché à forfait. Son livre est à cet égard tellement rempli de faits et de déductions dont la connaissance est indispensable à l'ingénieur, que nous n'en pouvons rien détacher sans l'affaiblir. Nous nous bornons à signaler cette savante et sincère discussion comme le premier travail qui, dans cette voie d'impartialité et de droit commun, conduit à la loyauté des transactions.

Cette étude, destinée à fixer la jurisprudence dans un milieu où ses décisions sont si souvent controversées, et qui est restée neuve, à coup sûr, faute de solution, est un grand service rendu, et qui ne peut l'être que par les ingénieurs qui apportent dans la profession la conscience élevée des devoirs qu'elle impose.

Pour ceux d'entre nous qui se sont voués à l'exécution des entreprises d'utilité publique, c'est au public qu'appartient le résultat de nos travaux et les enseignements qui résultent de nos études. Ne gardons rien par devers nous de ce qui peut être utile à tous. Ce que nous savons ne nous appartient plus. On n'est riche en pareil cas que de ce que l'on donne. Ceux qui réservent quelque chose d'utile à faire connaître oublient leur mission.

Les nombreuses et intéressantes communications de M. Nordling lui ont fait parmi nous, à cet égard, une place à part ; c'est l'occasion et le lieu de le dire et de l'en remercier.

Nous terminerons cet incomplet exposé par des extraits, pris çà et là dans les conclusions de l'auteur, des lignes qui marquent le mieux sa pensée et les résultats de son expérience.

MARCHÉS A FORFAIT.

« Les marchés sur série de prix s'adaptent mieux aux exigences des travaux publics et méritent donc, en général, la préférence sur les marchés à forfait dans le sens de l'article 1793 du Code Napoléon. Mais ces derniers nous paraissent être, dans la sphère des Ponts et chaussées, l'objet de préventions quelque peu exagérées.

« Cette forme de marché a sa raison d'être dans plusieurs cas de travaux publics, les maisons de garde, certains appareils de matériel fixe, les piles et tabliers métalliques. Mieux vaut, ce semble, une fois que les plans sont arrêtés en détail, convenir d'un prix à forfait, et laisser ensuite au constructeur sa liberté dans les limites des cotes du projet.

« Nous disons « quand les projets sont arrêtés dans leurs détails, » car ce sont les changements introduits en cours d'exécution qui ont fait périr la plupart des forfaits.

« On a pu voir avec quelle scrupuleuse sollicitude les tribunaux se

plaisent à respecter les marchés à forfait, même en matière de terrassements. »

CLASSIFICATION DES DÉBLAIS.

« Les classifications n'ont pas résisté à l'épreuve judiciaire dans le système des marchés sur série de prix. Les motifs donnés par les juges pour refuser la révision de certains marchés consistent expressément dans l'absence de classification.

« Les décisions nous paraissent absolument conformes à la raison et à la justice. Nous pensons que, *quand le marché est basé sur des catégories ou classes, l'imprévu peut être un motif suffisant pour la révision du contrat.*

« Nous pensons qu'il ne faut recourir aux classifications que dans des cas exceptionnels et à titre d'expédient. Supposons qu'il s'agisse d'attaquer vivement un déblai, sans projet arrêté, sans qu'on ait eu le temps ou les moyens de faire des sondages ou de fixer le périmètre d'un forfait, mieux vaudra convenir de prix gradués suivant les difficultés présumées de différentes natures de déblais, que de convenir d'un prix unique basé sur l'inconnu et facile à renverser avec le levier des articles 1156 et 1163 du Code Napoléon.

« Mais ce qui dans de pareilles situations vaut mieux, selon nous, c'est un simple marché à la tâche, avec faculté réciproque de résiliation. »

PRIX MOYEN A FORFAIT.

« La vraie solution, la solution générale du problème, est donc le système du prix moyen à forfait. »

SONDAGES.

« Le grand jour en matière de déblais, ce sont les sondages! Il vaut mieux les multiplier et les descendre jusqu'au niveau de la plate-forme. Mais il est clair que les sondages incomplets ne deviennent une cause de nullité qu'autant qu'ils ont réellement occasionné une erreur. »

« Le plus souvent, en justice, on invoque le nombre insuffisant des sondages; ils seront réellement insuffisants toutes les fois qu'ils n'auront pas révélé l'une des natures essentielles des déblais rencontrés en exécution.

« Les sondages terminés, les ingénieurs peuvent les rapporter sur les

plans et profils, dresser la coupe géologique, etc.; mais qu'on ne les montre aux entrepreneurs ni avant ni pendant l'adjudication. »

SOUS-DÉTAIL DU PRIX.

« Le prix des déblais ne pouvant être fixé d'une manière rigoureuse, ou plutôt ne devant l'être que par le rabais de la soumission, il suffit de porter dans la série un prix approximatif assez élevé pour ne pas éloigner les concurrents. »

Ceci ne s'applique pas aux marchés dans lesquels l'entrepreneur prend l'initiative de la fixation des prix; cette méthode tend à se généraliser.

LÉGENDE DU PRIX.

« En regard du prix moyen à forfait des déblais, il importe d'inscrire l'énumération des différentes natures de déblais qu'on suppose devoir être rencontrés : terre, gravier, glaise..., granit vif ou décomposé, basalte, etc. »

ABSENCE DE PRÉVISIONS GÉOLOGIQUES.

« Dans cet ordre d'idées, on se demandera si l'on pourrait valablement contracter pour un tunnel, avant l'ouverture d'une galerie de reconnaissance, et sans aucune prévision géologique? Nous ne voudrions pas le conseiller, mais nous sommes convaincus que les exigences de l'industrie moderne et les progrès de la responsabilité individuelle pousseront la jurisprudence de plus en plus dans cette voie.

« Le tunnel du Lioran (Cantal) ayant dû être exécuté sans galerie préalable, nous avons stipulé dans le marché la faculté réciproque de résiliation à volonté. »

DURETÉ IMPRÉVUE.

« Au lieu de tomber sur la nature des roches, l'imprévision peut porter sur leurs qualités, et notamment sur la dureté des roches prévues. Mais, en ce cas, à l'article 1109, que les entrepreneurs invoquent, on oppose volontiers l'article 1110, avec les commentaires dont il a été l'objet.....

« Quoi qu'il en soit du point de vue abstrait, nous sommes convaincu que si, dans les affaires Andrand et Bressan, les prix n'ont pas été révisés, c'est que la dureté imprévue ne pouvait se concevoir en présence de nombreux puits descendus à fond. C'est pour ce motif que nous attachons de l'importance au fonçement complet des puits, quand bien même leur résultat serait prévu avec certitude.

« Au tunnel de Guéret, adjugé sans autres sondages que des puits aux deux têtes, l'entrepreneur avait rencontré un noyau de granit dont la dureté dépassait notablement les communes prévisions. Il accepta son décompte; mais le décompte signé, il adressa une demande *gracieuse* à la Compagnie qui, eu égard aux services qu'il avait rendus, consentit à le couvrir de la moitié de sa perte constatée.— Que l'État et les Compagnies viennent en aide à leurs entrepreneurs malheureux, nous serons toujours disposés à y applaudir; mais à la double condition : que la faveur ne puisse devenir une prime payée à la témérité des entrepreneurs, et qu'elle soit laissée à la libre appréciation du bienfaiteur.

« Pour bien se convaincre qu'il ne saurait être ici question d'un droit, il suffit de faire l'hypothèse inverse et de se demander quel accueil trouverait la prétention d'une Compagnie qui voudrait réduire le prix convenu à forfait, quand la roche deviendrait plus tendre. Le cas a dû se présenter, il s'est présenté; mais nous n'avons jamais entendu parler d'un entrepreneur qui eût subi la retenue, ni à l'amiable, ni contraint et forcé.

« La dureté imprévue étant le point le plus délicat du contentieux des terrassements, tâchons de bien résumer notre pensée.

« *Quand le marché est basé sur des catégories ou classes, nous avons dit que l'imprévu nous semblait un motif suffisant pour la révision du contrat.*

« *Mais quand le prix est convenu à forfait, l'imprévu rentre dans la clause aléatoire, et le marché n'est plus sujet à révision que pour cause d'erreur*, c'est-à-dire quand il survient un événement jugé *impossible* au moment de la signature du contrat.

« Ce principe explique et concilie toutes les décisions judiciaires que nous avons rapportées. »

DENSITÉ IMPRÉVUE, FOISONNEMENT.

« On a l'habitude, habitude fort sage, d'assurer le prix du transport, comme celui de la fouille, sur le même cube *mesuré au déblai*. Il ne semble donc pas que le foisonnement, quel qu'il soit, puisse exercer une influence sur le prix élémentaire du transport, c'est-à-dire sur le prix de l'unité de distance. »

MOUVEMENT DES TERRES.

« A l'appui du prix moyen à forfait des transports, il est bon de produire le *mouvement des terres*, pour que l'entrepreneur soit bien fixé sur le travail qu'il va soumissionner.

« Souvent le foisonnement est venu déranger les prévisions du mouvement des terres. Il importe de le faire entrer dans le mouvement, de telle façon que les différences ne puissent que tourner au profit de l'entreprise. »

ADJUDICATIONS.

« S'il importe que les marchés soient conclus sur des bases précises et justes, il importe encore d'avantage que leur exécution ne soit pas confiée à des mains inaptes ou douteuses. Le germe des difficultés contentieuses est bien plus dans les hommes que dans les stipulations des marchés.

« Nous croyons que la situation commande :

« 1° D'apporter la plus scrupuleuse rigueur dans la rédaction des certificats de capacité délivrés aux entrepreneurs, et d'y faire une mention spéciale des conditions dans lesquelles s'est opéré le règlement de compte.

« 2° D'exclure du concours les entrepreneurs ne justifiant pas de leur dernière entreprise ou n'en ayant pas encore réglé le décompte. »

EXÉCUTION DES CONTRATS.

« L'écueil le plus dangereux avec des entrepreneurs qui se disent en perte, ce sont les faveurs accordées en cours d'exécution, les concessions que les ingénieurs se laissent arracher. Ces faveurs sont presque toujours retournées contre leurs auteurs.

« Si les concessions, au lieu de porter sur des ouvrages imprévus, touchent à des stipulations formelles du marché, on est bien près de l'avoir déchiré de ses propres mains.

« La position des ingénieurs devient ainsi difficile et embarrassante dans ce dilemme perpétuel : soit d'appliquer trop rigoureusement les clauses des contrats, soit de les affaiblir par des concessions.

« On devrait croire, et il devrait être bien entendu, que tant que l'entrepreneur garde le silence, il considère que tout le monde est resté sur le terrain du contrat, qu'il n'a pas de réclamation à faire. Mais quelle erreur ! Les entrepreneurs les plus habiles, c'est-à-dire les plus dange-

reux, se gardent bien d'éveiller l'attention ; ils se bornent, en cours de travaux, à planter quelques jalons imperceptibles, ou en apparence inoffensifs, et ils ne démasquent leurs batteries que quand tout est fini.

« Est-il besoin de déclarer que nous ne les enveloppons pas tous dans une commune méfiance, que, pour *un* entrepreneur sujet à caution, nous en connaissons *dix* faisant honneur à leur profession ? Ce qui est d'ailleurs de nature à rendre les ingénieurs tolérants envers les entrepreneurs, c'est qu'étant, sauf la question d'amour-propre, désintéressés dans les contestations, il leur est bien plus facile à eux de voir juste, qu'aux entrepreneurs pour lesquels il s'agit de leurs biens, de l'avenir de leurs enfants peut-être. — Une profession qui implique de la sorte la complète responsabilité de ceux qui l'exercent serait digne de respect, indépendamment des services rendus, et les services que les entrepreneurs rendent de nos jours sont si grands, que si les ingénieurs devaient en être privés tout à coup ils en éprouveraient, sans nul doute, un embarras aussi grand et aussi inattendu que si la circulation des chemins de fer venait à s'arrêter. »

PROCÉDURE.

« Aussi, et c'est là à la fois la conclusion et le résumé de notre travail, nous ne pouvons comprendre à aucun degré la répugnance qu'éprouvent certains ingénieurs à se présenter devant les tribunaux, répugnance qui leur fait préférer des transactions extrêmes. Avec des marchés bien faits et loyalement exécutés, ils ne sauraient succomber, et ils triompheront d'autant plus sûrement qu'ils se fieront un peu moins à ce qu'ils auront écrit dans leurs cahiers des charges, et qu'ils se pénétreront un peu plus de ce qui est écrit dans le Code Napoléon. »

Paris. — Imprimerie VIÉVILLE et CAPIOMONT, rue des Poitevins, 6.
Imprimeurs de la Société des Ingénieurs civils.

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

(AVRIL, MAI, JUIN 1870)

N° 10

Pendant ce trimestre, les questions suivantes ont été traitées

1° *Chemins de fer d'intérêt local* (Rapport de M. Richard sur l'ouvrage de M. Level, sur les) (séance du 1er avril, page 172).

2° *Ninive et l'Assyrie* et l'Art de la construction il y a 3000 ans (Analyse de l'ouvrage de M. Victor Place sur), par M. A. Le Cler (séance du 1er avril, page 174).

3° *Chemin de fer du détroit*, par M. O' Brien (séance du 1er avril, page 175).

4° *Chaleur solaire* (Applications industrielles de la), Analyse du mémoire de M. Mouchot, par MM. Marlier et Leygue (séance du 22 avril, page 177).

5° *Loi du 12 juillet 1865 sur les chemins de fer d'intérêt local* (Modifications à apporter à la), par M. Jules Morandière (séances des 22 avril, 20 mai et 3 juin, pages 182, 204 et 207).

6° *Alimentateur automoteur* à niveau constant, par M. Macabiès (séance du 22 avril, page 187).

7° *La Dynamite*, substance explosible, inventée par M. Nobel, ingénieur suédois, exposé par M. Brüll (séance du 6 mai, page 190).

8° *Contre-vapeur* (Emploi de la) (séance du 6 mai, page 192).

9° *Poids mort dans les transports sur les chemins de fer*, par M. Marché (séances des 6 et 20 mai, pages 195 et 199).

10° *Variations de pression du gaz d'éclairage* (Lettre de M. Blunt, sur les moyens de remédier aux) (séance du 20 mai, page 197).

11° *Dosage volumétrique du cuivre*, par M. Weil (séance du 20 mai, page 197).

12° *Art naval à l'Exposition de* 1867 (L'), par M. Jules Gaudry (séance du 3 juin page 206).

13° *Démission de M. Nordling*, comme Vice-Président de la Société (séance du 3 juin, page 209).

14° *Exposé de la Situation financière de la Société*, par M. le Trésorier (séance du 17 juin, page 211).

15° *Médaille d'or* décernée à l'auteur du meilleur Mémoire déposé pendant l'année 1869 (séance du 17 juin, page 212).

16° *Bec de gaz*, système Rollin (séance du 17 juin, page 213).

17° *Sociétés coopératives et de consommation*, par M. Guébhard (séance du 17 juin, page 213).

18° *Utilisation des eaux d'égouts* (Travaux d') (séance du 17 juin, page 214).

Pendant ce trimestre la Société a reçu :

1° De M. Martin, piqueur spécial au chemin de fer de l'Est, un exemplaire d'une *Notice sur le wagonnet Lorry employé sur les lignes de l'Est.*

2° De M. Lacretelle, membre de la Société, un exemplaire de sa brochure sur l'*Estimation des houillères.*

3° De M. Ricour, ingénieur des ponts et chaussées, un exemplaire de sa *Critique scientifique et historique sur le tube d'inversion.*

4° De M. Poujard'hieu (Gustave), des exemplaires de sa notice sur le *Système coopératif appliqué à la construction et à l'exploitation des chemins de fer.*

5° De M. Thomé de Gamond, membre de la Société, un exemplaire de son mémoire sur les plans du *Projet nouveau d'un tunnel sous-marin entre l'Angleterre et la France.*

6° De M. Le Chatelier, ingénieur en chef des Mines, un exemplaire de sa brochure intitulée : *Marche à contre-vapeur des machines locomotives. Question de priorité.*

7° De M. Jouanne, membre de la Société, un exemplaire de l'*Examen comparatif du projet présenté par l'administration municipale pour l'éclairage au gaz de la ville de Bordeaux.*

8° De M. Ronna, ingénieur, un exemplaire de sa notice sur la *Fabrication du sucre. Nouveaux procédés Rousseau par le sucrate de chaux ; Sucraterie agricole*, et un exemplaire de sa notice sur les *Blés de Hongrie.*

9° De M. Brull, membre de la Société, un exemplaire d'une collection de *Documents rassemblés par M. Paul Barbe, membre de la Société, ancien officier d'artillerie, sur la Dynamite, substance explosive.*

10° De M. Prosper Tourneux, inspecteur général des chemins de fer, deux exemplaires des *Rapports du conseil d'administration à l'assemblée générale des actionnaires de la Compagnie des chemins de fer du Nord-Est.*

11° De M. Gottschalk, membre de la Société, une note sur le *Service de traction des chemins de fer du Sud de l'Autriche et en particulier sur l'exploitation du Semmering et du Brenner en 1869.*

12° De M. Jules Gaudry, membre de la Société, un mémoire sur l'*Art naval à l'Exposition universelle de 1869.*

13° De S. E. le Ministre des beaux-arts, un exemplaire de l'ouvrage de M. Place sur *Ninive et l'Assyrie.*

14° De M. Ernest Marché, membre de la Société, un mémoire sur le *Poids mort et le prix de revient des transports sur les chemins de fer.*

15° De M. Simonin, membre de la Société, un exemplaire d'une note sur les *Indiens des États-Unis.*

16° De M. Huguet, architecte, un exemplaire de sa notice sur l'*Achèvement sans emprunt des grands travaux de Paris.*

17° De M. Dagail, membre de la Société, un exemplaire de son mémoire sur un *Chemin de fer de Pons à Royan;* un exemplaire de sa note sur les *Avantages des compagnies locales*, et un exemplaire de sa notice sur les *Chemins de fer établis sur l'accotement des routes, pour* 20 *à* 25,000 *francs le kilomètre, matériel roulant compris.*

18° De M. Alfred Durand-Claye, ingénieur des ponts et chaussées, un exemplaire du *Compte rendu des travaux et des résultats du service des eaux d'égouts de la ville de Paris.*

19° De M. O'Brien, membre de la Société, la *Statistique des chemins de fer anglais,* deuxième semestre de 1869.

20° De M. Riche, membre de la Société, un exemplaire de ses *Tables des moments de rupture des poutres en fer en forme de double* T.

21° De M. Henderson, membre de la Société, un exemplaire de son rapport intitulé : *On lighthouse apparatus and lanterns.*

22° De M. Vérard de Sainte-Anne, un exemplaire de l'*Exposé de son projet de voie de communication à établir entre la France et l'Angleterre au détroit de la Manche.*

23° De M. Émile Petit, membre de la Société, un exemplaire de son mémoire sur les *Moyens à proposer pour contrôler, mesurer et enregistrer la puissance motrice absorbée par les machines mues.*

24° De M. Jacqmin, ingénieur en chef et professeur à l'École des ponts et chaussées, un exemplaire de son ouvrage sur les *Machines à vapeur, leçons faites en* 1869-1870, *à l'École impériale des ponts et chaussées.*

25° De M. Weil, membre de la Société, un exemplaire d'une note sur son *Nouveau procédé de dosage volumétrique du cuivre.*

26° De M. Krantz, ingénieur en chef des ponts et chaussées, un exemplaire d'une *Note sur les Murs de réservoirs.*

27° De M. Krupp, membre de la Société, un exemplaire d'une *Note sur la Fermeture cylindro-prismatique pour les canons de gros calibre.*

28° De M. Ansart, membre de la Société, une *Note sur les Mines de plomb du district de Lula* (île de Sardaigne).

29° De M. W. Nordling, membre de la Société :

1. *Cours de physique de Lamé*, 3 volumes.

2. *Statique* Poinsot, 1 volume.

3. *Cours de mécanique*, S.-D. Poisson, 2 volumes.

4. *Pont suspendu des Invalides*, avec un atlas, par M. Navier.

5. *Notices sur les collections, cartes et dessins produits à l'Exposition universelle de* 1867, *relatifs au service du Corps impérial des mines*, 1 volume.

6. *Appendice au Cours de Navigation, fait par M. Mary à l'École des ponts et chaussées*, 1843-1844, une brochure.

7. *Conférences faites sur les machines à vapeur à l'École des ponts et chaussées*, 1843-1844. (Brochure.)

8. *Profil géologique de Paris à Brest, réseau d'Orléans.* (Dossier.)

9. *Traité d'architecture*, par M. Léonce Regnaud, 1er volume avec un atlas. (La 2e partie de l'ouvrage manque.)

10. *Types d'ouvrages d'art du chemin de fer de Saint-Quentin, du chemin de Saint-Germain et du chemin de fer du Nord.* (Album.)

11. *Types. Chemin de fer du Nord. Travaux et surveillance.* (Album.)

12. *Ouvrages d'art divers.* (Album.)

13. *Ouvrages d'art du canal latéral à la Garonne.* (Album.)

14. *Carte de l'état-major de l'Électorat de Hesse-Cassel.* (Carte.)

15. *Chemins suédois.* (Carte.)

16. *Nouveau système de ponts métalliques de grandes portées, par Charles de Ruppert.* (Brochure.)

17. *Eisenbahn-Zeitung*, années 1847 à 1851, 1852. *Appendice*, 1854 à 1861, 14 volumes. Journal allemand des chemins de fer (a cessé de paraître depuis 1861).

18. *Forster's Bauzeitung*, texte et planches de 1851-1860, 20 volumes. — En allemand. *Annales de la construction*, publiées à Vienne. (Cette publication se continue.)

19. *Dieust-Anweisung für den einen Ban an den hannoverschen-Eisenbahnen leitenden Ingenieur.* (Brochure avec atlas.) — En alle-

mand. *Instruction pour les ingénieurs chargés de la construction des chemins de fer de Hanovre.*

20. *Ueber landwirthschaftliche fenersichere Tiefbauten*, von *E. H. Hoffmann.* (Brochure.) — En allemand. *Bâtiments agricoles.*

21. *Bericht über die XIV Versammlung deutscher Architekten und Ingenieure*, août 1864. (Brochure.) — En allemand. *Compte rendu des séances des Ingénieurs et Architectes allemands*, tenues à Vienne en 1864.

22. *Atlas zu MM. Weber's Telegraphen und Signalwesen der Eisenbahnen.* (Brochure.) — En allemand. *Atlas* formant suite à l'ouvrage de M. de Weber, *sur les signaux de chemins de fer.*

23. *Zur Theorie der Tonnengewœlbe*, par V. Hanel. (Brochure.) — En allemand. *Théorie des voûtes en berceau.*

24. *Ueber das ehemalige Lusthaus in Stuttgart*, von *Wilhelm Bäumer.* (Brochure). — En allemand. *L'Ancien palais de plaisance de Stuttgart. Style renaissance.*

25. Un exemplaire d'une brochure sur les *Documents relatifs aux viaducs métalliques de la ligne de Commentry à Gannat.*

30° De M. Imbs, membre de la Société, un exemplaire d'une brochure sur la *Généralisation du peignage dans la filature de coton.*

31° De M. Vidard, membre de la Société, un exemplaire d'une Note sur la *Stabilité des voitures à deux étages.*

32° De l'*Association amicale des Anciens Élèves de l'École centrale des arts et manufactures*, les numéros de leur Bulletin mensuel.

33° De M. Paget, membre de la Société, un exemplaire de son *Rapport* (en anglais) *sur l'entretien économique des routes et sur l'emploi des chevaux de trait pour le transport comparé à celui de la vapeur.*

34° De M. Robiquet, un exemplaire de son *Rapport sur les tarifs de chemins de fer devant l'opinion publique.*

35° De M. André Oscar, membre de la Société, des exemplaires d'une notice sur un *Nouveau système de ressorts-pincettes.*

36° De M. Delaunay Louis, membre de la Société, un exemplaire du *Bulletin du Cercle des mécaniciens de la marine impériale.*

37° De M. Marié, membre de la Société, un exemplaire des *Dia-*

grammes des principales locomotives du chemin de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée.

38° De M. le Ministre de l'Intérieur, un exemplaire du rapport sur la *Situation financière des communes de l'empire en* 1868. Un exemplaire des *Documents sur les chemins vicinaux*. Un exemplaire du compte rendu général des *Opérations effectuées en* 1869 *dans le service vicinal.*

39° De l'*Association amicale des Anciens Élèves de l'École centrale*, les numéros du premier trimestre 1870 de leur Bulletin.

40° De la *Société Degli ingegneri e degli industriali*, leur bulletin de l'année 1869.

41° De la *Société des ingénieurs et architectes américains*, les numéros de leurs bulletins.

42° De l'*Académie des sciences, belles-lettres et arts, de Clermont-Ferrand*, tome X de leur Mémoire.

43° *Annales industrielles*, les numéros du deuxième trimestre 1870.

44° De la *Société des ingénieurs civils d'Écosse*, leur bulletin du deuxième trimestre de 1870.

45° De l'institution *of Mechanical Engineers*, les numéros du premier trimestre 1870 de son bulletin.

46° De la *Société industrielle de Reims*, les numéros de son bulletin de septembre et octobre 1869.

47° De la *Revue horticole*, les numéros du deuxième trimestre 1870.

48° De la *Gazette du Village*, les numéros du deuxième trimestre 1870.

49° De la *Société des ingénieurs autrichiens*, les numéros 8, 9, 10, 11 et 12 de 1869, de leur *Revue périodique.*

50° Du *Journal Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens*, le numéro 3 de 1870.

51° De la *Société de l'industrie minérale de Saint-Etienne*, le numéro du quatrième trimestre 1869 de son bulletin.

52° Du *Journal d'agriculture pratique*, les numéros du deuxième trimestre 1870.

53° De la *Revue d'architecture*, les numéros 10 et 11 de l'année 1869.

54° De la Revue *les Mondes*, les numéros du deuxième trimestre 1870.

55° Du journal *The Engineer*, les numéros du deuxième trimestre 1870.

56° De la *Société d'encouragement*, les numéros du deuxième trimestre 1870 de son bulletin.

57° De la *Société de géographie*, les numéros du deuxième trimestre 1870 de son bulletin.

58° De la *Société impériale et centrale d'agriculture*, le numéro de janvier 1870 de son bulletin.

59° Du journal *l'Invention*, les numéros du deuxième trimestre 1870.

60° De la *Revista de obras publicas*, les numéros du deuxième trimestre 1870.

61° De la *Revue des Deux-Mondes*, les numéros du deuxième trimestre 1870.

62° De la *Revue contemporaine*, les numéros du deuxième trimestre 1870.

63° Du journal *le Moniteur des travaux publics*, les numéros du deuxième trimestre 1870.

64° Du *Journal de l'éclairage au gaz*, les numéros du deuxième trimestre 1870.

65° Du journal *l'Isthme de Suez*, les numéros du deuxième trimestre 1870.

66° Des *Annales du Génie civil*, les numéros du deuxième trimestre 1870.

67° Du *Journal des chemins de fer*, les numéros du deuxième trimestre 1870.

68° Du journal *le Cosmos*, les numéros du deuxième trimestre 1870.

69° Du *Génie industriel*, les numéros du deuxième trimestre 1870.

70° Du journal *la Semaine financière*, les numéros du deuxième trimestre 1870.

71° Des *Annales des Conducteurs des ponts et chaussées*, les numéros du deuxième trimestre 1870.

72° Des *Nouvelles Annales de la construction*, les numéros du deuxième trimestre 1870.

73° Du *Portefeuille économique des machines*, les numéros du deuxième trimestre 1870.

74° Du *Propagateur des travaux en fer*, les numéros du deuxième trimestre 1870.

75° Des *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, les numéros du deuxième trimestre 1870.

76° De la *Propagation industrielle*, les numéros du deuxième trimestre 1870.

77° Du journal *Engineering*, les numéros du deuxième trimestre 1870.

78° Des *Annales des ponts et chaussées*, les numéros du deuxième trimestre 1870.

79° *Société industrielle de Saint-Quentin et de l'Aisne*, le troisième numéro de son bulletin de 1870.

80° *Société académique d'agriculture, des sciences, arts et belles-lettres du département de l'Aube*, le tome V de la troisième série de son bulletin.

81° *Institution of civil Engineers*, le numéro de leurs minutes of Proceddings de 1869.

82° *Société des Ingénieurs anglais*, le numéro de leurs transactions pour l'année 1869.

83° Du *Comité des forges de France*, les numéros 60 à 62 du bulletin.

84° De la *Société industrielle de Mulhouse*, le numéro de mai 1870 de son bulletin.

85° De l'*Association des anciens élèves de l'École de Liége*, les deux premiers numéros de 1870 de son bulletin.

86° Des *Annales des mines*, les numéros des 1re, 2e et 3e livraisons de 1870.

87° De la *Revue universelle des mines et de la métallurgie*, les numéros du deuxième trimestre 1870.

88° De l'*Aéronaute*, bulletin international de la navigation aérienne, les numéros du premier trimestre 1870.

89° Du *Moniteur des fils, des tissus, des apprêts et de la teinture*, les numéros du deuxième trimestre 1870.

90° *Société impériale des sciences, de l'agriculture et des arts de Lille*, le numéro du troisième trimestre 1868 de son bulletin.

91° *A Magyar Mémök-Egyesület Közlonye*, les numéros du deuxième trimestre 1870.

92° De la *Société des anciens élèves des Écoles impériales d'arts et métiers*, les numéros de son bulletin du deuxième trimestre 1870.

93° De la *Société Vaudoise des Sciences naturelles*, le numéro de mai 1869 de son bulletin.

94° *Société des Architectes et Ingénieurs du Hanovre*, le numéro 4 de 1869 de leur bulletin.

95° *Société des Arts d'Edinburgh*, le premier numéro de son bulletin.

Les Membres admis pendant le deuxième trimestre sont :

Au mois de mai :

MM. Caillaux, présenté par MM. Laurent, Loustau et Petiet.
Clair, présenté par MM. le Général Morin, Petiet et Tresca.
Curchot, présenté par MM. Desbrière, Huber et Vuillemin.
Després, présenté par MM. Brüll, Cretin et Prou.
Escande, présenté par MM. Armengaud aîné, Mathieu et E. Muller.
Henriet, présenté par MM. Carcuac, Maury et Peligot.
Hourier, présenté par MM. Callon, Goschler et Laurent.
Leprince, présenté par MM. Callon, Martin et Vigreux.

Au mois de juin :

MM. Bauquel, présenté par MM. Biver, Chevandier de Valdrôme et Vuillemin.
Dietz, présenté par MM. Guébhard, Lefèvre et Vuillemin.
Grouvelle, présenté par MM. Laurent, Loustau et Vuillemin.
Jamin, présenté par MM. Bonnet, Guébhard et Vuillemin.
Mehrmann, présenté par MM. Guébhard, Urbain et Vuillemin.
Rasquin, présenté par MM. Dieudonné, Guébhard et Vuillemin
Salomon, présenté par MM. Guébhard, Tresca et Vuillemin.

Comme Membres associés :

MM. Dehaynin, présenté par MM. Guébhard, Lefèvre et Vuillemin.
Giroud, présenté par MM. Arson, Barrault et Laming.
Sommier, présenté par MM. Boivin, Loiseau et Pajot.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU

IIe TRIMESTRE DE L'ANNÉE 1870

Séance du 1er Avril 1870.

Présidence de M. VUILLEMIN.

M. LE PRÉSIDENT donne la parole à M. Maldant pour rectifier une erreur d'impression contenue dans le procès-verbal de la dernière séance.

M. MALDANT, répondant à une demande de M. le Président, aurait dit que les régulateurs secs d'*abonnés* se construisaient pour des consommations de 1 à 1000 becs et non de 1 à 100 becs.

Le procès-verbal de la séance du 18 mars est alors adopté.

M. LE PRÉSIDENT annonce que M. Barnes, membre de la Société, vient d'être nommé chevalier de l'ordre de Charles III d'Espagne.

M. LE PRÉSIDENT cite les membres de la Société qui ont été désignés pour faire partie de la commission permanente instituée près le ministère de l'agriculture et du commerce sous le titre de Conseil supérieur de l'enseignement technique : MM. Chevandier de Valdrôme et Dumas, vice-présidents ; MM. Alcan, Bois (Victor), le général Morin, Mony, Petiet et Tresca, membres.

M. Édouard Simon a été également nommé commissaire spécial pour l'industrie des textiles près la commission d'enquête parlementaire.

M. LE PRÉSIDENT donne la parole à M. Richard, pour la lecture de son rapport sur l'ouvrage de M. Level.

M. RICHARD a pris connaissance avec un vif intérêt de cet ouvrage, qui dénote chez l'auteur une pleine connaissance de cette question si intéressante et si pleine d'actualité des chemins de fer d'intérêt local. Afin d'aider chacun à trouver de suite, dans le livre de M. Level, les points capitaux qui peuvent servir de jalons pour une étude, M. Richard examine l'ouvrage chapitre à chapitre, insistant plus

spécialement *sur le chapitre IV*, qui assigne, dans la mise à exécution, leur véritable rôle aux parties intéressées et à l'administration départementale, et d'où résulte l'utilité de toute décentralisation ministérielle ; *sur les chapitres VIII et IX*, qui traitent de la répartition des dépenses de premier établissement entre la commune, les intéressés, le département, l'État et les sociétés d'exploitation, et des moyens de constituer le capital nécessaire ; *sur les chapitres XV et XVIII*, où M. Level aborde la question du profil en long et des conséquences économiques qui peuvent résulter d'un bon profil, et quelques observations sur l'usage des types d'ouvrages d'art ; *sur le chapitre XIX*, d'où ressort la nécessité d'un établissement simple et peu coûteux de bâtiments, de stations et accessoires ; *sur les chapitres XXIV et XXV*, relatifs à l'exploitation ; *sur le chapitre XXVI*, où sont réunis tous les détails de l'organisation, de l'exploitation, aux points de vue de la gare de bifurcations, de la comptabilité des gares et de leur personnel ; *sur le chapitre XXXI*, dans lequel M. Level établit les chiffres des dépenses des services : administration et frais généraux, exploitation proprement dite, matériel et traction ; enfin, *sur le chapitre XXXII*, consacré à l'examen des divers systèmes de chemin de fer, à voie étroite et à transbordement.

M. Richard, pour plusieurs questions sortant du cadre d'une simple analyse, discute le livre de M. Level, et termine ainsi : « M. Level a fait un bon ouvrage, un ouvrage utile, qui vient très à propos et qui certainement rendra de grands services, en devenant comme le Barême autorisé des chemins de fer d'intérêt local ; je n'en veux pour preuve que son succès déjà constaté par le public et la faveur dont vient de l'honorer le ministre des travaux publics en achetant cent exemplaires pour les envoyer dans les départements de France. C'est un juste hommage rendu au mérite de notre camarade. »

M. le Président, comme suite à la note de M. Richard, donne d'une manière sommaire les résultats de la première année d'exploitation de deux petites lignes de chemin de fer d'intérêt local, se rattachant au réseau de la Compagnie de l'Est : l'un de Saint-Dizier à Vassy, de 22 kilomètres de longueur ; l'autre de Colmar à Munster, de 19 kilomètres.

Pendant l'année 1869, les recettes ont été par kilomètre, pour la ligne de Vassy, de..... 6,375 fr.
Et les dépenses d'exploitation..... 5,850
Pour la ligne de Munster, les recettes ont été de..... 9,440
Et les dépenses de..... 6,897

Pour les deux lignes, la recette moyenne a été de 7,800 fr., et les dépenses de 6,336 fr., se décomposant comme suit :

Exploitation proprement dite, service des stations et des trains.....	1,786 fr.	5,240 fr.
Entretien et surveillance de la voie.....	1,252	
Traction.....	2,202	
Location du matériel, locomotives, voitures et wagons.....		1,096
		6,336 fr.

Chacune de ces lignes est desservie par quatre trains dans chaque sens ; si huit trains par jour sont nécessaires pour desservir la vallée populeuse et industrielle de Munster, six auraient été bien suffisants pour la ligne de Vassy, qui fait plus de re-

cette en marchandises qu'en voyageurs. Aussi les dépenses ont-elles été hors de proportion avec les recettes pour cette dernière ligne. Cependant, il ne faut pas perdre de vue que l'exploitation est à son début, que la crise de l'industrie métallurgique, qui fournit le principal aliment de trafic à la ligne de Vassy, se faisait encore sentir pendant la première moitié de l'année 1869, et il y a tout lieu de croire que les recettes augmenteront notablement dès la deuxième année.

Le parcours des trains dans les deux lignes a été de 124,897 kilomètres.

La dépense moyenne par kilomètre des trains a été de.....	1,72 fr.
Et pour la location du matériel.....	0,36
Total.....	2,08 fr.

Ce chiffre se rapproche beaucoup de celui de 2 fr. qui a été admis par bon nombre d'ingénieurs, notamment par M. Richard, comme devant être la dépense ordinaire par kilomètre de train pour l'exploitation des petites lignes d'intérêt local.

M. le Président remercie M. Richard de l'analyse qu'il vient de faire à la Société de l'ouvrage de M. Level; elle sera insérée *in extenso* dans l'un des bulletins trimestriels.

M. le Président donne la parole à M. A. Le Cler pour rendre compte de l'ouvrage de *Ninive et l'Assyrie*, et sur l'*Art de la construction il y a 3000 ans*, par M. Victor Place, consul général de France. Cette analyse très-intéressante sera publiée *in extenso* dans l'un des bulletins trimestriels; son étendue considérable nous force aujourd'hui à n'en donner que l'introduction.

M. A. Le Cler indique que M. Victor Place, consul général de France, vient de terminer son grand ouvrage : *Ninive et l'Assyrie*, qui renferme les résultats des importantes découvertes qu'il a faites sur les ruines de l'ancienne Ninive.

Les premières découvertes de Ninive datent de 20 ans à peine. Commencées par M. Botta, pour la France, et par M. Layard, pour l'Angleterre, elles ont été achevées en 1855 par M. V. Place, qui était alors consul de France à Mossoul.

Ses recherches ont duré quatre années consécutives, et il a découvert l'immense palais du roi Sargon, dont il donne une monographie complète. L'enceinte entière de la ville a été également déterminée par les fouilles de notre consul.

Rien n'est plus digne d'intérêt au point de vue de l'ingénieur, tout aussi bien qu'à celui de l'archéologue et du philosophe, que de voir cette antique ville renaître et sortir de ses cendres, dont elle était recouverte depuis plus de vingt-cinq siècles!

Les ruines de l'ancienne Ninive, dont il s'agit, sont situées en Assyrie, à 18 kilomètres de Mossoul, sur la rive gauche du Tigre, dans un lieu nommé actuellement Khorsabad. C'est là que le roi Sargon, l'un des successeurs de Sardanapale, avait reconstruit la ville dont M. V. Place vient de faire l'intelligente restauration. La première Ninive était tombée sous les coups des Babyloniens et des Mèdes, environ 760 ans avant Jésus-Christ.

Si vous voulez bien m'accorder, dit M. A. Le Cler, quelques instants de bienveillante attention, j'espère que vous ne regretterez pas de faire avec moi, grâce à notre explorateur, un rapide examen de l'*art de la construction* dans l'ancienne Assyrie. C'est le côté qui vous intéresse, et l'auteur rend ma tâche facile, car il décrit avec soin tous les détails de construction et les matériaux employés.

Vous reconnaîtrez quels progrès l'art de bâtir avait déjà atteint, et, entre autres,

combien était perfectionné l'emploi de la brique. Vous serez surpris de voir que les ingénieurs du passé, enterrés depuis si longtemps avec une civilisation disparue, construisaient déjà des voûtes cylindriques, surbaissées ou en plein cintre, dont l'invention est pourtant généralement attribuée aux Romains bien des siècles après la destruction de Ninive.

L'ouvrage de M. V. Place se compose de deux volumes grand in-folio de texte et d'un volume de planches. Je ne pourrai parcourir que quelques chapitres d'un travail aussi important.

Dans le premier livre, les ruines sont examinées en détail et l'auteur étudie avec un soin minutieux le palais de Khorsabad, du roi Sargon.

Le second livre est destiné à tracer l'image du grand peuple disparu et à faire connaître le degré de civilisation qu'il avait atteint lorsqu'une terrible catastrophe arrêta brusquement ses progrès.

L'atlas comprend la carte d'Assyrie, les plans des édifices, les études de construction et de décoration, et divers essais de restauration avec les renseignements à l'appui tirés des sources ninivites.

M. Le Patronnet demande à M. Le Cler si les fouilles ont mis à découvert des rues et des maisons, et quel est l'aspect du sol actuel à l'emplacement de l'ancienne Ninive.

M. Le Cler répond que la ville n'a pas été déblayée : le palais seul et l'enceinte ont été déterminés, et que l'argile était la seule matière dont se servaient les Assyriens dans leurs constructions ; ces briques cuites ou crues, écroulées, ont formé une sorte de montagne sur laquelle on a depuis réédifié successivement plusieurs bourgs. Ce fait de réédification successive sur un même emplacement se représente du reste sur plusieurs autres points de l'Assyrie.

M. Rampé ajoute qu'en Égypte il a rencontré souvent de pareilles superpositions de villages, dont les premiers construits peuvent remonter à 6000 ans. Les Égyptiens trouvaient, par l'accumulation des matériaux des villes écroulées, de vastes tumulus qui leur permettaient de se mettre à l'abri des inondations du Nil.

M. le Président demandera au ministère des beaux-arts de vouloir bien comprendre la Société des Ingénieurs dans la distribution qui doit être faite de l'ouvrage de M. Place dans les bibliothèques.

M. le Président donne la parole à M. O'Brien pour sa communication sur le chemin de fer du détroit.

M. O'Brien rappelle que, depuis longtemps, on s'occupe des moyens de réunir l'Angleterre avec le continent européen, ou au moins de faciliter le transport des marchandises et des voyageurs entre Paris et Londres.

Quoique la traversée du Pas de Calais soit très-courte, le voyage de Paris à Londres et *vice-versâ* est très-pénible et coûteux. Il y a, en été, huit routes entre les deux capitales, savoir : une par Dunkerque, 2 par Calais, 2 par Boulogne, une par Dieppe, une par le Havre et Southampton, une par Honfleur. Toutes sont mauvaises, et, en hiver, elles se réduisent le plus souvent à deux ou trois.

Les inconvénients que présente la traversée du détroit sont, pour les marchandises : les transbordements, avec les avaries qui en sont la conséquence, perte de temps à l'embarquement et au débarquement ; pour les voyageurs, le mal de mer.

On a présenté, soit au public, soit à l'un ou à l'autre gouvernement, un grand

nombre de projets ayant pour but d'établir une communication prompte et directe entre la France et l'Angleterre par le Pas de Calais.

Le plus ancien de tous ces projets est probablement celui de M. Mathieu, ingénieur des mines, qui soumit au premier consul un projet de route en souterrain entre le cap Grisnez et Douvres. Il n'y avait pas de chemin de fer alors, en 1802.

M. O'Brien cite successivement les projets suivants, présentés de 1842 à 1857, tous incomplets et vagues :

1° Souterrains avec chemin de fer.

2° Tubes en maçonnerie, en fer ou en fonte, posés sur le fond, avec chemin de fer.

3° Tubes métalliques flottants.

M. Thomé de Gamond a étudié deux projets de souterrains, publiés, l'un en 1857, l'autre en 1869. Tous deux ont été communiqués à la Société.

Depuis 1857, les divers projets présentés au public paraissent mieux élaborés dans leurs détails.

Les projets récents sont décrits par M. Nursey dans un mémoire qu'il a lu, il y a quelques mois seulement, devant la Societé of Engineers, à Londres.

M. Chalmers proposait de poser un tube métallique sur le fond et de le revêtir de pierraille pour le protéger contre les ancres des navires.

M. J. Hawkshaw a repris le projet de M. Thomé de Gamond, c'est-à-dire un tunnel sous-marin sans les embranchements.

Tous ces projets aboutissent au cap Grisnez, du côté de la France, et entre le South Foreland et Folkstone, du côté de l'Angleterre.

M. J. Fowler étudie en ce moment même une communication au moyen de grands bacs ou *ferries*, destinés à porter un train entier, et semblables à ceux qui font le service des chemins de fer de l'Écosse.

M. Remington propose de percer un souterrain entre Dungeness et Grisnez, parce qu'il croit que cette ligne offre les assises géologiques les plus favorables pour le travail.

M. C. Marsden propose de poser un tube métallique au fond de l'eau ; mais comme celui-ci est irrégulier, il faudra, dit-il, creuser des tranchées pour faire le lit du tube ; après que celui-ci aura été posé, on reprendra les déblais et on les jettera dans les fouilles de façon à les combler.

MM. Bateman et Revy préfèrent également un tube métallique posé au fond de la mer, à une galerie souterraine.

M. J. Grantham affirme qu'il n'y a pas besoin de chemin de fer international, et qu'il suffit de construire des navires convenables ; il propose de les faire très-grands, avec le plus faible tirant d'eau possible, et, surtout, avec deux coques, l'une dans l'autre, selon le même système que le *Great Eastern*.

M. Boutet étudie un viaduc entièrement métallique, à placer entre Douvres et le cap Blancnez, près de Calais.

M. Zerah Colburn, ingénieur américain, préfère le tunnel ; mais il n'admet pas qu'on puisse construire un tube au milieu du Pas de Calais, où la profondeur maxima est d'environ 57 mètres. Il propose de construire un tube métallique, par sections, sur la berge de la mer, les sections les unes au bout des autres.

M. Parsons propose de porter les trains anglo-français sur des radeaux soutenus chacun par deux pontons accouplés.

C'est à peu près l'idée de M. Daft, qui propose aussi de porter les trains sur un radeau ou sur une paire de pontons, ayant une grande roue motrice au milieu.

M. Boyd présente un projet de viaduc entre Douvres et le cap Grisnez.

M. O'Brien termine en citant quelques projets non classés :

Par M. Winton : un tube en fonte posé au fond de l'eau, avec revêtement en pierres ou béton, et blindage en fonte de ce revêtement.

Par M. Page : l'ingénieur du pont de Westminster est d'avis que le projet de M. Fowler est le plus pratique, mais pour le compléter, il conviendrait de faire un grand port de refuge à Boulogne.

M. Hamers signale un projet dont M. O'Brien n'a pas fait mention, et qui consisterait à fermer le détroit par un endiguement naturel. Des digues alvéolaires seraient construites sur les rivages de France en Angleterre ; le sable en suspension dans la mer se chargerait de les combler, et de proche en proche on arriverait ainsi à combler le détroit. Ce projet est dû à M. Burel.

Séance du 22 Avril 1870.

Présidence de M. Vuillemin.

Le procès-verbal de la séance du 1er avril est adopté.

M. le Président annonce à la Société que lors de la visite qu'il a faite à l'École centrale, le 20 avril, M. le Ministre de l'Agriculture et du Commerce a remis à M. Jordan, membre de la Société, la croix de chevalier de la Légion d'honneur.

M. L. Thévenet, membre de la Société, vient d'être nommé officier de l'ordre de Saint-Stanislas de Russie et de l'ordre du Medjidié.

M. le Président annonce également que dans la séance du 3 avril le comité a approuvé les plans et les devis définitifs, ainsi que les soumissions à forfait de divers entrepreneurs pour la construction de l'hôtel de la Société, dont les travaux ont été commencés dès le 18 avril.

M. Leygue rappelle que, dans une des dernières séances, M. le Président a bien voulu le charger de rendre compte à la Société de l'ouvrage de M. Mouchot, sur les applications industrielles de la chaleur solaire. M. Marlier, membre de la Société, mais que ses occupations retiennent à Tours, a déjà fait du livre de M. Mouchot une analyse très-complète. M. Leygue n'est que rapporteur en second, et c'est au nom de M. Marlier qu'il cherchera à intéresser la Société à ce grand problème d'obtenir un certain travail mécanique à l'aide de la chaleur solaire, problème qui dès les temps les plus reculés s'est présenté à l'esprit de beaucoup d'hommes illustres : Héron d'Alexandrie (100 ans avant J.-C.). J.-B. Porta (1550), Salomon de Caus (1576), Robert Fludd (1615), Martini (1640), Kircher (1680), Belidor (1700), Du-

carla (1800), et enfin au commencement de ce siècle l'Américain Oliver Évans (1821). M. Leygue croit ne devoir citer Archimède et Buffon qu'à titre de mémoire, car il n'y avait pas, à proprement parler, dans leurs appareils, utilisation de la chaleur solaire à produire un travail.

Avant d'arriver à la description des appareils, M. Leygue rappelle par quelques exemples que le soleil, qui sans cesse anime notre planète, qui nous éclaire, nous échauffe et fait naître tout ce qui vit, est la source intarissable de toutes les forces qui se manifestent ici-bas : *les pluies*, provenant de la vaporisation de l'eau, *les vents*, *les courants superficiels* ou *sous-marins* proviennent de l'inégale dilatation des masses gazeuses ou liquides.

M. Mouchot s'est proposé, comme application mécanique de la chaleur solaire, trois buts distincts :

1° Élever l'eau par une pompe solaire ;

2° Cuire les denrées alimentaires dans une marmite solaire;

3° Évaporer les liquides dans une chaudière solaire.

Et s'il est vrai de dire que le progrès de la physique sur le rayonnement, et les travaux de De Saussure, Ducarla et Herschel sur les moyens de concentrer la chaleur ont aplani beaucoup de difficultés solaires, au milieu desquelles ses devanciers s'étaient débattus vainement, il n'en faut pas moins rendre à M. Mouchot l'honneur d'avoir fait revivre la question d'obtenir du travail mécanique à l'aide de la chaleur solaire et d'avoir, le premier, construit une machine à vapeur fonctionnant au simple foyer du soleil.

Trois principes sont invoqués et mis en œuvre dans les appareils de M. Mouchot :

1° Le pouvoir réflecteur de l'argent poli est supérieur à celui de toutes les autres surfaces ;

2° Le pouvoir absorbant du noir de fumée est le plus grand ;

3° Le verre ne laisse pas échapper la chaleur obscure et laisse passer la chaleur lumineuse.

M. Leygue décrit la pompe solaire de M. Mouchot.

Son fonctionnement repose seulement sur l'expansibilité de l'air par la chaleur. Le projet de M. Mouchot présente sur les projets antérieurs de même genre une grande amélioration : les périodes de mouvement sont considérablement raccourcies. Une première tentative avait été faite dans cet esprit par M. Deliancourt, commandant de place à Saïda (1860), mais la solution proposée par M. Mouchot est préférable.

La pompe de M. Mouchot fonctionne d'elle-même et d'une manière continue tant que dure l'insolation ; elle rendra peut-être des services à l'agriculture, dans les limites d'une élévation d'eau de 1 mètre à 1m,50.

M. Leygue donne la description de la marmite solaire de M. Mouchot.

L'appareil a permis de confectionner un pot au feu de 1 kilogramme de viande, en quatre heures; transformé en four par l'addition d'un disque métallique, de faire cuire 1 kilog. de pain en trois heures; transformé en alambic par l'addition d'un chapeau en tête de moine, de distiller des alcools, du vin et même de l'eau; enfin faire cuire des légumes à la vapeur.

La cuisson de la viande, en rôti, se réalise avec un simple réflecteur. Il est nécessaire d'éliminer les rayons chimiques en interposant entre la rôtissoire et le miroir une vitre jaune ou rouge.

M. Leygue donne la description du générateur à vapeur.

Pour favoriser la vaporisation du liquide, M. Mouchot donne à la coupe de sa chaudière la forme annulaire. Une machine de ce modèle, contenant 6 litres d'eau, et placée au foyer d'un réflecteur de 2^{m2}, a produit assez rapidement de la vapeur à quatre atmosphères, avec laquelle M. Mouchot a pu faire fonctionner une petite machine rotative américaine. C'est ainsi que le problème de la machine solaire à vapeur s'est trouvé réalisé dans les premiers jours d'août 1867.

A peu près à la même époque, le célèbre Américain Ericsson a construit une machine solaire; ses résultats confirment ceux de M. Mouchot. Malheureusement nous manquons de détails sur les essais d'Ericsson, dont la science déplore en ce moment la perte.

Outre l'application aux machines à vapeur, la chaleur solaire serait encore avantageusement employée, selon M. Mouchot, dans les machines à air chaud (Laubereau) et à ammoniaque (Frot), à l'extraction du sel, à la fabrication du sucre des colonies, aux distilleries, aux irrigateurs, etc.

Une idée toute récente, que M. Mouchot cherche en ce moment à appliquer, c'est de demander au soleil une autre solution du problème tenté par MM. Tessié, du Motay et Maréchal, la préparation économique de l'oxygène. L'oxygène se retirerait de l'eau décomposée par un courant thermo-électrique.

M. Leygue décrit l'appareil proposé par M. Mouchot.

Avant de terminer l'analyse des applications de la chaleur solaire, M. Leygue pense qu'il est utile, au point de vue de l'ingénieur, d'extraire du livre de M. Mouchot quelques chiffres et de faire sortir, des expériences de l'auteur, les véritables ressources sur lesquelles on doit compter avec le soleil, considéré comme source de chaleur industrielle.

Quant à l'intensité de la chaleur solaire à la surface du sol, M. Mouchot, s'appuyant sur les expériences de M. Pouillet, admet qu'une surface de 1^{m2} reçoit du soleil 10 calories par minute. Ainsi théoriquement chaque mètre carré pourrait fournir par $1''$:

$$\frac{10^c \times 425^k}{60''} = 71 \text{ kilogrammètres, ou près de 1 cheval.}$$

Cependant ce serait une grave erreur que de croire ces 10 calories suffisantes pour alimenter une machine à vapeur de 1 cheval. En effet, une bonne machine à détente et à condensation exige environ 2 kilogrammes de charbon par 1 cheval-vapeur et par heure, ce qui réduit le rendement de 1 calorie développé sur la grille à

$$\frac{75 \times 3600}{8000 \times 2} = 15 \text{ kilogrammètres.}$$

Nos meilleures machines n'utilisent donc que

$$\frac{15}{425} = 0{,}0325$$

de la puissance calorifique de la houille; et si nous reportons ce coefficient dans les machines solaires, la puissance utilisable de 1 cheval-vapeur nécessitera dès lors

$$\frac{1}{0{,}0325} = 31^{m2} \text{ d'insolation.}$$

Toutefois, ce dernier chiffre est basé sur l'identité du coefficient d'utilisation d'une calorie pour les machines à vapeur et les machines solaires; et il y a lieu de demander à l'expérience si cette hypothèse est exacte.

M. Leygue regrette fort que M. Mouchot n'ait pas indiqué dans ses ouvrages les résultats de puissance qu'il a recueillis des machines à vapeur mises en mouvement sous l'action directe du soleil. Il eût été facile de répondre à la question précédente par la comparaison directe du travail obtenu avec la surface d'insolation :

En ce qui concerne les générateurs, M. Mouchot indique simplement :

Page 131, qu'il a fallu 90′ d'insolation par un miroir de $0^{m2},50$, pour élever la température de 3 litres d'eau de 85°. M. Mouchot recueillait donc par unité de surface d'insolation et par minute

$$\frac{3 \times 85}{90 \times 0,5} = 5^{c},6.$$

Et s'il est vrai que l'on doive compter sur plus de 10 calories, il faut en conclure une perte de $4^{c},4$ entre le miroir et la chaudière, perte tout à fait comparable à celles que nous constatons dans nos générateurs ordinaires, entre le foyer et la chaudière. D'autre part, nos bonnes machines consomment 9 kilog. de vapeur par cheval et par heure. Il en résulte que la surface d'insolation par cheval et par heure, pour les chaudières solaires serait

$$\frac{9^{k} \times 700^{c}}{60 \times 5^{c},6} = 19^{m2}.$$

Page 135, qu'il a fallu 35′ d'insolation par un miroir de $2^{m2},50$ pour élever la température de 5 litres d'eau de 90°. Dans ces conditions les calculs précédents donnent, pour 1 cheval-vapeur, une surface d'insolation de

$$\frac{9 \times 700 \times 35 \times 2,5}{60 \times 5 \times 90} = 20^{m2},4.$$

Page 195, qu'il a fallu 60′ d'insolation au foyer d'un réflecteur de $0^{m2},50$ pour élever la température de 2 litres d'eau de 90°, ce qui répond à

$$\frac{9 \times 700 \times 60 \times 0,5}{60 \times 2 \times 90} = 17^{m2},8.$$

Ces trois derniers chiffres sont suffisamment concordants, et s'ils diffèrent notablement du premier (31^{m2}), cela tient sans doute à la perte de calories qui se produit entre la chaudière et la poulie motrice de la machine à vapeur. Le chiffre de 20^{m2} par cheval-vapeur pourrait donc être admis pour les générateurs, et celui de 30 pour les machines à vapeur de nos climats; mais il est probable qu'ils descendraient de 1/4 et même de 1/3 dans les régions équatoriales, où l'intensité de la chaleur solaire est plus grande et l'atmosphère plus limpide.

Si le récepteur ou plutôt le transformateur de la chaleur solaire était une machine moins parfaite que la machine à condensation et à détente, prise précédemment comme terme de comparaison, il conviendrait d'augmenter la surface d'insolation dans le rapport des quantités de vapeur consommée. Pour une machine sans condensation, par exemple, la surface de chauffe serait en France moyennement :

$$20 \times \frac{39}{9} = 80^{m2}.$$

La chaleur solaire paraît encore devoir être bien moins avantageusement utilisée dans les appareils fondés sur l'expansion de l'air, par un accroissement de température.

A la page 120 de son ouvrage, M. Mouchot rapporte qu'avec un réservoir d'air de 10 litres de capacité, recouvert d'une double enveloppe de verre, et placé au foyer d'un réflecteur de $0^{m3},50$, il a pu produire un travail utile en élévation d'eau de 5 kilogrammètres en dix minutes. Cet appareil est de tous points comparable à la pompe solaire de M. Mouchot; même on peut dire qu'il est placé dans des conditions plus avantageuses que celles où se trouveraient les pompes solaires industrielles. Or il résulte du chiffre précédent que le rendement en kilogrammètres est seulement par minute et par 1^{m2} de réflecteur

$$\frac{5}{10 \times 0,5} = 1^{k},00.$$

Dès lors si l'on admet, d'après le calcul ci-dessus, un flux de $5^{c},6$ par 1^{m2} et par $1'$ sur le miroir, le rendement de 1 calorie, sera seulement

$$\frac{1^{km}}{5,6} = 0,^{km},18.$$

En d'autres termes, pour un rendement de 1 cheval-vapeur, il faudrait une surface d'insolation de

$$75 \times 60 = 4500^{mc},$$

et le rapport de l'utilisation d'une calorie pour une machine à vapeur et une pompe, à l'utilisation d'une calorie par la pompe solaire de M. Mouchot serait représenté, en admettant que le rendement des pompes ordinaires soit de

$$\frac{0,60 \times 15}{0,18} = 50.$$

Ces derniers chiffres ne sont pas aussi éloquents, en faveur des projets de M. Mouchot, que nous l'aurions désiré, et cependant M. Leygue ne craint pas de les faire ressortir; car s'ils sont réels, ils importent aux progrès et aux applications de la chaleur solaire, et s'ils sont erronés, il sera toujours heureux d'offrir à M. Mouchot l'occasion de les relever et d'en démontrer l'erreur.

Un membre fait remarquer que les calculs de M. Mouchot ont été faits d'après les résultats recueillis à Meudon, mais il est évident que dans d'autres régions les résultats à obtenir peuvent être plus considérables.

M. Leygue ajoute que l'on ne pourrait jamais compter, dans tous les cas, que sur une augmentation de 5 à 10 calories, portant ainsi à 15 ou 20 calories la quantité de chaleur que l'on peut recueillir par mètre carré de surface.

M. le Président dit que l'intermittence de l'action est l'objection la plus considérable que l'on puisse faire à l'emploi de la chaleur solaire pour obtenir du travail. Il rappelle que l'action de la chaleur solaire par l'évaporation de l'eau et son retour sous forme de pluies est la forme sous laquelle il est possible d'obtenir le mieux la chaleur solaire.

La création d'étangs sur des points élevés et, par suite, la création de chutes d'eau plus ou moins considérables constituent une richesse que l'on a mise à profit depuis longtemps.

M. Dallot croit que l'emploi d'accumulation permettrait d'utiliser la chaleur solaire pour la production d'un travail continu.

M. le Président donne lecture d'une lettre de M. Jules Morandière, communiquant à la Société un projet de modification de la loi des chemins de fer d'intérêt local, en ce moment soumis au Corps législatif.

Il paraît utile d'insérer le texte de cette proposition dans le compte rendu de la séance afin que la discussion puisse s'ouvrir prochainement sur ce sujet.

PROPOSITION DE LOI

Ayant pour objet des modifications à introduire dans la loi du 12 juillet 1865, concernant les chemins de fer d'intérêt local.

PRÉSENTÉE

Par MM. Houssard, Ed. Dalloz, le Comte Le Hon, le Comte d'Ayguesvives, Horace de Choiseul, Prax-Paris, Nogent-Saint-Laurens, André (Charente), le Baron Eschassériaux, le Comte Durfort de Civrac, A. Tachard, le Comte Joachim Murat, Daniel Wilson, Grollier, Viellard-Migeon, Genton, le Comte de la Pecza, de Bouteillier, Larochc-Joubert, Lefébure, Granier de Cassagnac, Millon, le Baron de Veauce, députés au Corps législatif.

Lorsque l'on interroge les nécessités de notre société moderne, et que l'on rapproche ses exigences des limites dans lesquelles le budget de l'État peut leur donner satisfaction, il demeure évident que ce n'est pas par l'économie seulement, mais surtout par l'accroissement de la richesse publique que l'on parviendra à réunir l'ensemble des ressources réclamées par la situation.

Parmi les moyens d'accroître cette richesse, se place au premier rang le développement de plus en plus rapide des travaux productifs, et en particulier la prompte création de notre réseau de chemins de fer d'intérêt local.

L'opinion est unanime pour reconnaître la nécessité de ces travaux et pour solliciter de l'État un concours proportionné à la grandeur du but à atteindre.

Encourager d'une manière plus puissante l'initiative individuelle ;

Aider à la création de nouveaux groupes d'intérêts dans les départements et les communes, afin d'associer plus intimement les populations à la réussite d'œuvres entreprises par elles et pour elles;

Alléger ainsi la situation financière déjà trop engagée du gouvernement central, dont l'action directe doit être réservée à l'achèvement des grands travaux d'intérêt général, ce sera faire passer dans les actes la décentralisation théorique dont on nous entretient chaque jour, et ouvrir l'ère de la décentralisation réelle.

La loi du 15 juillet 1865, relative à l'exécution des chemins de fer d'intérêt local, faisait appel à l'initiative départementale; elle l'invitait à s'affirmer et à faire connaître ce qu'elle pourrait produire.

Pourquoi cette loi, sur laquelle se fondaient tant d'espérances, n'a-t-elle donné que des résultats si insignifiants, soit environ 1,500 kilomètres en cinq années ?

C'est évidemment parce que l'initiative départementale et communale a refusé de répondre à la mise en demeure qui lui était adressée.

Cette hésitation se comprend, du reste, en présence des nombreuses études faites par l'État pour des lignes d'un intérêt plutôt départemental que général, et que, selon toute probabilité, l'État ne pourra de longtemps exécuter avec ses seules ressources.

Trompées par ces apparences d'une extension indéfinie des réseaux d'intérêt général, les populations aiment mieux attendre de l'État seul une exécution même tardive plutôt que de donner au département leur concours immédiat.

Il est donc indispensable de faire cesser cette illusion, et, lorsqu'il deviendra bien évident que l'État ne peut seul suffire à cette immense tâche, l'initiative à laquelle faisait appel la loi de 1865 retrouvera toute son énergie sous la pression de la nécessité.

Dès lors, et pour provoquer efficacement cette initiative, le devoir du gouvernement est d'accroître dans une large mesure le chiffre de la subvention trop insuffisante attribuée, jusqu'à ce jour, à un réseau à peine commencé, afin de donner une impulsion sérieuse à son exécution.

La loi de 1865 devra, en outre, subir plusieurs modifications pour atteindre le but que nous poursuivons.

Plusieurs des modifications proposées ont rapport à la simplification des formalités administratives.

L'article 2 du projet demande la substitution du jury institué pour les chemins vicinaux, par la loi du 21 mars 1836, au jury établi par la loi du 31 mai 1841 sur l'expropriation.

Ce dernier ne serait plus appelé à fonctionner qu'à titre de jury d'appel.

L'ancien article 4 assujettissait les chemins de fer d'intérêt local aux dispositions de la loi du 15 juillet 1845 sur la police des chemins de fer, et ne les dispensait que par autorisation spéciale, de clôtures et de barrières; le nouvel article 4 dispense, en règle générale, les chemins de fer de clôtures ou de barrières, et ne les soumet que partiellement à ces obligations après avis du conseil général.

Cette extension de franchises indique l'esprit dans lequel devront être rédigés les cahiers de charges de concessions et les arrêtés préfectoraux spéciaux à l'exploitation, c'est-à-dire qu'ils ne devront emprunter à l'ordonnance du 15 novembre 1846 que les dispositions indispensables pour garantir la sécurité des voyageurs.

Les autres modifications proposées par le projet se rapportent aux dispositions financières de la loi de 1865.

D'après l'article 5 de la nouvelle loi, les départements dont le centime est inférieur à 20,000 francs recevront une subvention égale aux deux tiers de la dépense au lieu de la subvention de moitié qu'ils recevaient précédemment.

Les départements dont le centime est supérieur à 20,000 francs et inférieur à 40,000 francs recevront une subvention égale à la moitié au lieu du tiers.

Enfin, les départements dont le centime excède 40,000 francs recevront une subvention du tiers au lieu du quart.

En résumé, les subventions de l'État se trouvent augmentées pour tous les départements sans que les catégories établies par la loi de 1865 aient été en rien modifiées.

De plus, ces subventions aux termes du paragraphe premier de l'article 5 cessent d'être facultatives; elles devront être accordées à tous les chemins de fer d'intérêt local jusqu'à concurrence de la somme affectée annuellement à ces subventions par la nouvelle loi.

Ce même article contient une disposition nouvelle qui fixe un maximum kilométrique sur lequel serait basée la subvention de l'État.

Ce chiffre, calculé à 120,000 francs par kilomètre, a pour but de ne point encou-

rager des dépenses excessives de la part des départements, ou du moins de limiter la part du concours de l'État.

Néanmoins, et comme correctif à cette disposition, on ajoute que des subventions pour travaux extraordinaires pourront encore être accordées, mais avec l'approbation du Corps législatif.

L'article 6 du projet élève de 6 millions à 25 millions le montant maximum de la subvention de l'État en faveur des chemins de fer d'intérêt local.

En admettant une moyenne de 180 kilomètres de chemins par département, et 40,000 fr. comme moyenne de la subvention kilométrique de l'État, et en multipliant le produit de ces chiffres par 80, afin de tenir compte de ce qui a pu déjà être exécuté dans quelques départements, la subvention probable de l'État se chiffrerait par 560 millions, la durée des travaux étant de vingt-deux ans.

Le nouvel article 7 a pour objet de dispenser les chemins de fer d'intérêt local, bien que recevant une subvention du Trésor, de tout service gratuit envers l'État avant que le produit net de leur exploitation ne dépasse 6 p. 100.

En effet, si l'on veut assurer la prompte exécution de ces chemins dans les nombreuses parties de notre territoire où le produit kilométrique serait insuffisant pour rémunérer une grande ligne, il faut non-seulement que leur exécution soit plus économique, mais aussi que leur exploitation soit dispensée de toute charge extraordinaire.

Nous n'admettons d'exception à cette règle qu'en faveur des militaires en activité.

Le nouvel article 8 indique les sources auxquelles sera puisé le crédit nécessaire à la dotation constante et régulière des chemins de fer d'intérêt local.

Les excédants de recettes, les économies réalisées ou à réaliser sur les grands travaux publics en cours d'exécution seront par préférence affectés à cette dotation et le complément sera fourni par le budget extraordinaire.

Assurer ainsi cette dotation, c'est indiquer pour ces travaux une priorité résultant de leur caractère d'urgence et de la haute pensée politique qui nous inspire.

Enfin l'article 9 entrant plus avant dans cette pensée de décentralisation effective, qui aujourd'hui préoccupe tout le pays, constitue une propriété collective départementale et communale.

Il est évident que la perspective de trouver dans l'avenir une compensation à leurs sacrifices, et d'acquérir dans un délai déterminé une propriété importante, encouragera puissamment les communes à prendre une part active dans une œuvre dont la réalisation doit transformer la face du pays.

Il est légitime d'ailleurs de répartir les avantages au prorata des sacrifices, et de ne pas laisser les départements profiter seuls de travaux exécutés avec le concours des communes.

Dorénavant, les départements et les communes seront propriétaires des lignes d'intérêt local dans la proportion de leurs dépenses; toutefois, le département conservera seul l'administration de la propriété commune.

Cette disposition, si profitable aux communes, déterminera de leur part un nouvel élan d'initiative et de sacrifices.

A l'aurore du nouveau régime que nous inaugurons dans l'ordre politique, la loi du 12 juillet 1865, modifiée et complétée comme nous vous proposons de le faire dans un véritable esprit de décentralisation, réalisera un immense progrès économique.

ARTICLE PREMIER. (*Sans changements.*)

Les chemins de fer d'intérêt local peuvent être établis :

1° Par les départements ou les communes, avec ou sans le concours des propriétaires intéressés ;

2° Par des concessionnaires, avec le concours des départements ou des communes.

Ils sont soumis aux dispositions suivantes :

ART. 2.

Le conseil général arrête, après instruction préalable par le préfet, la direction des chemins de fer d'intérêt local, le mode et les conditions de leur construction, ainsi que les traités et les dispositions nécessaires pour en assurer l'exploitation.

L'utilité publique est déclarée et l'exécution est autorisée par décret délibéré en conseil d'État, sur le rapport des Ministres de l'intérieur et des travaux publics.

Le préfet approuve les projets définitifs, après avoir pris l'avis de l'ingénieur en chef, homologue les tarifs et contrôle l'exploitation.

« Les indemnités dues pour cession de terrains occupés par une ligne d'intérêt local seront fixées par le jury d'expropriation institué par la loi du 21 mai 1836 sur les chemins vicinaux. »

Le jury établi par la loi du 3 mai 1841 ne serait appelé à fonctionner qu'à titre de jury d'appel et, dans ce cas, les frais qu'entraînerait cette réunion seraient supportés par celle des parties dont les demandes d'indemnité s'écarteraient le plus du chiffre fixé en appel.

ART. 3. (*Sans changements.*)

Les ressources créées en vertu de la loi du 21 mai 1836 peuvent être affectées en partie par les communes et les départements à la dépense des chemins de fer d'intérêt local.

L'article 13 de ladite loi est applicable aux centimes extraordinaires que les communes et les départements s'imposeront pour l'exécution de ces chemins.

ART. 4.

Les chemins de fer d'intérêt local sont soumis aux dispositions de la loi du 15 juillet 1845 sur la police des chemins de fer ; toutefois, par dérogation à l'article 4 de cette loi et dans l'intérêt de l'agriculture, les compagnies seront dispensées de poser des clôtures le long des lignes et d'établir des barrières au croisement des routes ou chemins.

L'établissement partiel de clôtures ou de barrières aux passages les plus fréquentés pourra toujours être imposé aux compagnies par l'administration départementale sur avis du Conseil général.

ART. 5.

Des subventions seront accordées sur les fonds du Trésor pour aider à l'exécution des chemins de fer d'intérêt local.

Le montant de ces subventions sera déterminé par le chiffre de la dépense que le traité d'exploitation à intervenir laissera à la charge des départements, des communes et des intéressés.

La subvention sera *des deux tiers* de la dépense pour les départements dans lesquels le produit du centime additionnel au principal des quatre contributions est inférieur *à vingt mille francs.*

Elle *sera de la moitié de la dépense* pour le département dont le centime supérieur à vingt mille francs n'atteint pas quarante mille francs.

Elle sera *du tiers de la dépense* pour les départements dont le centième est d'un produit supérieur à quarante mille francs.

Le maximum de la dépense kilométrique sur laquelle ces subventions seront calculées sera de 120,000 francs.

Il pourra de plus être accordé des subventions extraordinaires pour l'exécution des grands travaux d'art, tels que ponts sur fleuves ou grandes rivières, viaducs, souterrains ou passages difficiles de montagnes. Ces subventions devront être soumises à l'approbation du Corps législatif.

ART. 6.

La somme affectée chaque année sur les fonds du Trésor au payement des subventions mentionnées dans l'article précédent sera de *vingt-cinq millions.*

ART. 7.

Les chemins de fer d'intérêt local, bien que recevant une subvention du Trésor, ne pourront être assujettis envers l'État à aucun service gratuit avant que le produit net de leur exploitation ne dépasse *six pour cent.*

Ils ne pourront subir de réduction sur les prix des places qu'en faveur des militaires en activité.

ART. 8.

Les excédants de recettes du budget, les économies réalisées ou à réaliser sur les subventions affectées à l'exécution des grands travaux publics seront appliqués à la nouvelle dotation des chemins d'intérêt local, le surplus du crédit nécessaire serait inscrit au budget extraordinaire des travaux publics.

ART. 9.

Les départements et les communes seront propriétaires indivis des chemins de fer d'intérêt local, chacun d'eux dans la proportion du concours apporté à leur exécution.

Les communes participeront avec les départements, et dans la proportion de ce concours, à tous les avantages que les départements seront seuls chargés de stipuler en faveur de la propriété indivise avec les compagnies concessionnaires.

ART. 10.

Les dispositions de l'article 4 de la présente loi seront applicables aux concessions de chemins de fer destinés à desservir des exploitations industrielles.

Loi du 12 juillet 1865.

ART. 1er. Les chemins de fer d'intérêt local peuvent être établis :

1° Par les départements ou les communes, avec ou sans le concours des propriétaires intéressés ;

2° Par des concessionnaires, avec le concours des départements ou des communes.

Ils sont soumis aux dispositions suivantes :

Art. 2. Le conseil général arrête, après instruction préalable par le préfet, la direction des chemins de fer d'intérêt local, le mode et les conditions de leur construction, ainsi que les traités et les dispositions nécessaires pour en assurer l'exploitation.

L'utilité publique est déclarée et l'exécution est autorisée par décret délibéré en Conseil d'État, sur le rapport des ministres de l'intérieur et des travaux publics.

Le préfet approuve les projets définitifs, après avoir pris l'avis de l'ingénieur en chef, homologue les tarifs et contrôle l'exploitation.

Art. 3. Les ressources créées en vertu de la loi du 21 mai 1836 peuvent être affectées en partie par les communes et les départements à la dépense des chemins de fer d'intérêt local.

L'article 13 de ladite loi est applicable aux centimes extraordinaires que les communes et les départements s'imposeront pour l'exécution de ces chemins.

Art. 4. Les chemins de fer d'intérêt local sont soumis aux dispositions de la loi du 15 juillet 1845 sur la police des chemins de fer, sauf les modifications ci-après :

Le préfet peut dispenser de poser des clôtures sur tout ou partie du chemin.

Il peut également dispenser d'établir des barrières au croisement des chemins peu fréquentés.

Art. 5. Des subventions peuvent être accordées sur les fonds du Trésor pour l'exécution des chemins de fer d'intérêt local. Le montant de ces subventions pourra s'élever jusqu'au tiers de la dépense que le traité d'exploitation à intervenir laissera à la charge des départements, des communes et des intéressés.

Il pourra être fixé à la moitié pour les départements dans lesquels le produit du centime additionnel au principal des quatre contributions directes est inférieur à vingt mille francs, et ne dépassera pas le quart pour ceux dans lesquels ce produit sera supérieur à quarante mille francs.

Art. 6. La somme affectée chaque année, sur les fonds du Trésor, au payement des subventions mentionnées en l'article précédent, ne pourra dépasser six millions.

Art. 7. Les chemins de fer d'intérêt local qui reçoivent une subvention du Trésor peuvent seuls être assujettis envers l'État à un service gratuit ou à une réduction du prix des places.

Art. 8. Les dispositions de l'article 4 de la présente loi seront également applicables aux concessions de chemins de fer destinés à desservir des exploitations industrielles.

M. le Président donne la parole à M. Macabiès pour la lecture de sa communication sur un alimentateur automoteur à niveau constant.

M. Macabiès examine d'abord les causes principales des explosions des chaudières à vapeur. Parmi ces causes, la principale est le défaut d'alimentation.

M. Macabiès décrit ensuite en détail les différents appareils d'alimentation employés : la pompe alimentaire, l'injecteur, la bouteille alimentaire, permettant plus facilement que les appareils précédents l'alimentation à l'eau chaude; enfin les appareils dits retour d'eau à niveau constant, dans lesquels un flotteur placé dans la chaudière agit soit directement sur les soupapes de la pompe, soit indirectement au moyen de courants électriques, comme dans le système Achard.

M. Macabiès cite encore l'appareil de MM. Petit et Thibaud, dans lequel le flotteur agit, à l'aide de transmission de mouvement, sur une soupape spéciale placée sur la ligne d'aspiration de la pompe, et qui produit l'amorçage ou le désamorçage de cette pompe.

Après avoir passé en revue les différents appareils d'alimentation en usage, M. Ma-

cabiès décrit ces appareils, en commençant par l'alimentateur automoteur à niveau constant et à simple effet. On a cherché à les composer d'organes usuels dont le fonctionnement soit assuré.

Les appareils à simple effet reçoivent le mouvement automatique du déplacement d'un flotteur.

Ils se composent d'un récipient en fonte ou en tout autre métal, qui contient un flotteur, lequel mouvemente les organes distributeurs de la vapeur au moyen d'un levier actionnant un système de soupapes, ou un levier glissant. Ces soupapes, on le sait, laissent alternativement entrer et sortir la vapeur du récipient.

En supposant que le vide est fait dans le réservoir, l'eau sera aspirée et remplira rapidement tout le récipient, soulèvera le flotteur, qui agira, à son tour, lorsqu'il sera au bout de sa course, sur les organes réglant l'introduction de la vapeur. La vapeur de la chaudière exercera sa pression dans le réservoir, et l'eau qui y est contenue, se trouvant placée entre deux pressions élastiques absolument égales, s'écoulera dans la chaudière.

Le flotteur, en descendant avec l'eau contenue dans ce réservoir, retrouvera à la fin des courses une soupape permettant à la vapeur de s'échapper; c'est cette vapeur d'échappement qui, en se rendant dans un réservoir auxiliaire muni d'un serpentin, se condense et permet de faire un vide suffisant dans le réservoir auxiliaire et dans le récipient pour permettre l'aspiration de l'eau pour un nouveau remplissage de l'appareil.

Le jeu de cet appareil se trouve ainsi réglé tant que la vapeur peut s'y introduire. Pour que cette introduction s'arrête dès que le niveau s'est élevé dans la chaudière au point voulu, la prise de vapeur est placée juste à la hauteur du niveau d'eau. Un compteur mis en relation avec la tige du flotteur permet de totaliser le nombre des mouvements de l'appareil, et par conséquent de se rendre un compte approximatif de l'eau dépensée.

M. Macabiès décrit ensuite l'alimentateur à double effet.

Cet appareil se compose de deux ballons métalliques maintenus à leur partie supérieure par un levier oscillant autour d'un axe placé de chaque côté d'une colonne verticale.

A leur partie inférieure, ces récipients portent une douille à double compartiment sur laquelle sont fixés des tubes en fer ou en cuivre, portant une articulation à presse-étoupe à chacune de ses extrémités.

L'un des deux compartiments de cette douille, qui reçoit la vapeur, se prolonge jusqu'à la partie supérieure des ballons par un tube plongeur.

L'autre compartiment, qui reçoit l'eau, débouche au bas de chacun de ces mêmes ballons.

Deux tiroirs portés par la colonne verticale sont destinés : l'un à distribuer la vapeur, l'autre à distribuer l'eau dans l'appareil. Au moyen de ces deux tiroirs de distribution, lorsque l'un des ballons communique à la chaudière par le haut et par le bas, l'autre communique de même au réservoir d'alimentation. La vapeur que contient celui-ci s'échappe librement ou se condense, et le récipient se remplit d'eau; l'autre ballon, au contraire, recevant la vapeur en dessus par le tube plongeur, contiendra de l'eau placée entre deux pressions égales, qui s'écoulera dans la chaudière. L'eau ainsi écoulée fera place à un volume égal de vapeur, de façon que, lorsque ce ballon sera plein de vapeur et l'autre plein d'eau en totalité ou en partie, l'équilibre sera renversé et les rôles changés. Le récipient qui sera remonté plein de vapeur sera

en communication avec la prise d'eau. Cette vapeur s'échappera ou se condensera, et l'eau sera attirée par le vide produit ou par la différence de niveau si l'eau était chauffée de manière à ne pouvoir condenser la vapeur.

De même que pour l'appareil précédent, il est rendu automatique en faisant plonger le tuyau de prise de vapeur dans la chaudière jusqu'au niveau que l'on veut maintenir.

M. Macabiès indique encore les moyens qu'il emploie pour l'alimentation de plusieurs chaudières par un appareil unique.

Ce moyen consiste à réunir les différentes chaudières par un tube horizontal débouchant dans chacune d'elles à la hauteur du niveau de l'eau.

M. le Président demande si les appareils qui viennent d'être décrits fonctionnent depuis quelque temps.

M. Macabiès répond qu'une dizaine d'alimentateurs à double effet sont en service, et que plusieurs le sont depuis un an; l'un d'eux est installé sur les chaudières de MM. Varrall, Poulot et Compagnie; enfin, que deux alimentateurs à simple effet fonctionnent depuis deux mois environ.

M. Brüll fait remarquer que, dans ces appareils, le frottement joue un rôle assez singulier. En effet, on a d'une part les frottements de diverses natures donnant un certain mouvement autour de l'axe de rotation, et d'autre part le mouvement moteur de l'eau contenue dans le ballon, autour du même point. L'appareil ne fonctionne qu'en raison du frottement plus ou moins considérable produit par le serrage des diverses garnitures, et l'on aurait une instabilité complète si ces frottements devenaient nuls.

M. Brüll ajoute qu'en ce qui concerne le jaugeage de l'eau, l'appareil ne peut donner qu'un résultat approché, puisque ces indications ne peuvent pas tenir compte de la condensation de la vapeur dans ces bouteilles alimentaires.

M. Macabiès répond qu'il croit ce jaugeage suffisamment exact pour les besoins de la pratique.

M. le Président remercie M. Macabiès de sa communication.

Séance du 6 Mai 1870.

Présidence de M. Vuillemin.

Le procès-verbal de la séance du 22 avril est adopté.

M. le Président annonce que sur sa demande Son Excellence le Ministre des beaux-arts a bien voulu faire hommage à la Société d'un exemplaire du magnifique ouvrage de M. Place sur *Ninive et l'Assyrie*, dont M. Achille Le Cler avait entretenu la Société dans une précédente séance. Des remerciments seront adressés au nom de la Société à S. E. M. le Ministre, ainsi qu'à MM. Le Cler et Place, qui ont bien voulu appuyer la demande.

M. Alfred Durand-Claye, ingénieur des ponts et chaussées, dépose sur le bureau un exemplaire du *Compte rendu des travaux du service municipal pour l'utilisation des eaux d'égouts*. A la prochaine séance, un jour sera désigné où les membres de la Société pourront se rendre sur place pour visiter les travaux et recevoir toutes les explications utiles.

M. Gottschalk, membre de la Société, adresse un compte rendu des opérations du service de la traction sur le réseau du Sud de l'Autriche pour l'exercice 1869. Cette note comprend, comme l'année dernière, la comparaison du service du Semmering et du Brenner, ce qui la rend particulièrement intéressante ; elle sera insérée *in extenso* au bulletin trimestriel.

M. le Président annonce le décès de MM. Ernest Laveissière et Goutandier.

M. Brüll présente au nom de M. Paul Barbe, membre de la Société, une brochure intitulée : *La Dynamite*, substance explosible inventée par M. A. Nobel, ingénieur suédois.

M. Brüll expose que la poudre ordinaire à base de salpêtre est aujourd'hui le seul agent explosif employé en France dans les travaux des mines et des carrières, dans le percement des tranchées et des tunnels, dans les travaux sous-marins et dans les applications du génie militaire. Plusieurs pays étrangers, au contraire, se servent avec succès de diverses matières explosives d'une puissance bien supérieure ; ces substances y sont depuis longtemps passées dans la pratique courante, on les emploie sur une grande échelle, et en particulier on les utilise dans des circonstances où la poudre de mine est impuissante.

Par exemple, s'il faut pousser une galerie dans un grès ou un granite d'une grande dureté, les trous de mine sont tellement difficiles à percer et l'effet de la poudre est si faible, que l'avancement descend quelquefois à deux ou trois mètres et même à un mètre par mois pour une galerie de mine de petites dimensions. On possède depuis plusieurs années des substances dont l'effet brisant est assez puissant pour doubler l'avancement de ces sortes de travaux et réduire de plus d'un tiers les frais de sautage.

S'agit-il de travailler dans des terrains aquifères, la poudre française est tout à fait insuffisante, et, dans beaucoup de cas, on en est réduit à abandonner de pareils chantiers jusqu'à ce qu'ils soient à peu près asséchés. Or, on connaît aujourd'hui des poudres qui agissent dans l'eau aussi bien qu'à sec, et avec ces poudres on exécute, avec succès, à l'étranger, les travaux auxquels l'exploitant français est contraint de renoncer.

Parmi les matières explosives susceptibles d'agir dans des terrains mouillés et développant une action beaucoup plus énergique que la poudre ordinaire, la brochure est consacrée à l'étude de la *dynamite*, inventée il y a quelques années par M. Nobel, ingénieur suédois, auquel on doit de remarquables travaux sur les composés explosifs.

Pour mettre les ingénieurs français à même de connaître les propriétés précieuses de ce corps et les avantages qu'ils pourraient tirer de son application, M. Barbe a réuni bon nombre de documents importants qui lui sont parvenus d'Angleterre, de Prusse, d'Autriche, de Suède et de quelques autres pays.

M. Brüll résume les points principaux traités dans la brochure.

La dynamite s'obtient en imbibant de nitroglycérine une silice très-poreuse. Elle a la consistance d'une poudre pâteuse et rappelle l'aspect de la cassonade.

On l'emploie en masse ou plus commodément en cartouches formées de papier enroulé. L'explosion s'obtient par une capsule fulminante attachée à une mèche de mine ordinaire, ou bien à deux fils métalliques destinés à fournir une étincelle électrique.

La dynamite mise sur le feu se consume sans explosion. Elle supporte aussi des chocs très-violents sans faire explosion; tout au plus peut-il se produire à l'endroit même de la percussion une détonation locale qui ne se communique pas à la masse.

La dynamite ne fait pas explosion quand elle est en contact avec de la poudre en combustion.

On ne peut produire l'explosion de cette substance qu'en développant à la fois une pression considérable et une température élevée.

La dynamite a une force brisante remarquable qu'on évalue à huit fois environ celle de la poudre de mine ordinaire. Son action est très-rapide et locale; il suffit d'un très-faible bourrage pour en utiliser toute la force, et même, sans bourrage, on obtient des effets très-intenses.

La dynamite peut être impunément mouillée; elle convient tout particulièrement dans les roches aquifères ou submergées; dans ces applications, c'est l'eau qui forme bourrage.

La dynamite ne produit pas dans les travaux souterrains de fumées nuisibles ou trop incommodes.

Cette poudre de mine est employée tout à fait en grand en Prusse, en Autriche et dans le reste de l'Allemagne, en Suisse, en Belgique, en Suède, en Danemark, en Angleterre, en Californie.

On peut se faire une idée de la grande utilité de cette poudre et de l'importante consommation qui s'en fait en Allemagne, par ce fait qu'en Prusse, malgré la nouveauté de cette substance, il y a déjà quatre poudrières de dynamite, à savoir : deux à Cologne, une près de Hambourg et une à Charlottembourg. Une innovation ne se répand aussi rapidement que lorsqu'elle présente de grands avantages.

Le transport de cette poudre s'effectue sur plusieurs chemins de fer; il n'amène aucun accident et ne donne pas lieu à la moindre appréhension. On la soumet aussi sans inconvénient à tous les autres modes de transport.

L'emploi courant de cette matière dans les mines, dans les carrières et dans les travaux publics ne présente ni difficulté ni danger.

Les résultats industriels réalisés à l'aide de la dynamite sont très-avantageux. Elle produit une importante économie dans les travaux courants et permet d'exécuter des travaux impossibles au point de vue économique avec la poudre ordinaire.

Les expériences faites pour faire ressortir l'innocuité de ce produit et sa grande puissance ont toujours satisfait les plus sceptiques.

Telles sont en abrégé les conclusions que l'on tirera de l'examen des documents rassemblés par M. Barbe; M. Brüll pense avec l'auteur qu'elles doivent conduire à mettre à la disposition des ingénieurs et des exploitants français ce puissant moyen d'action dont les pays voisins tirent depuis quelques années un si utile parti.

M. le Président annonce que dans une prochaine séance s'ouvrira la discussion sur la proposition de modification de la loi des chemins de fer d'intérêt local, soumise en ce moment à la Chambre, et qui a été insérée dans le résumé de la dernière séance.

M. LE PRÉSIDENT donne lecture de la lettre suivante adressée par M. Le Chatelier à M. Flachat, le 27 avril 1870 :

« Je vous envoie deux exemplaires d'un mémoire lu par M. W. Siemens à la séance du 4 novembre 1869 de l'*Institution des Ingénieurs mécaniciens* de Birmingham, sur le frein à contre-vapeur. — Je vous prie d'offrir de ma part à la *Société des Ingénieurs civils* l'un de ces exemplaires que je viens de recevoir.

Vous remarquerez, dans le procès-verbal de la séance du 27 janvier 1870, où la discussion a eu lieu, que plusieurs membres de l'Institution ayant entrepris des expériences, après la lecture du mémoire de M. W. Siemens, ont éprouvé une même difficulté : l'injecteur Giffard cessait de fonctionner régulièrement lorsqu'on renversait la vapeur, même lorsque le robinet d'injection d'eau avait été ouvert à l'avance.

Ce fait se manifeste toutes les fois qu'il y a, entre la marche directe et la marche renversée, une certaine période de *marche à régulateur fermé*. — Le vide se produit dans les cylindres, des gaz de la boîte à fumée sont aspirés au moment de l'avance à l'échappement, et ces gaz s'emmagasinent dans les boîtes de tiroir et dans les tuyaux de prise de vapeur.

Si le mécanicien rouvre le régulateur pour marcher en avant, les gaz sont expulsés par le tuyau d'échappement; mais si c'est pour marcher à contre-vapeur qu'il fait cette manœuvre, les gaz sont refoulés dans la chaudière, où ils restent emprisonnés en mélange avec la vapeur; ils y resteraient indéfiniment, puisque l'injection se fait avec de l'eau seule, et ils feraient constamment obstacle au fonctionnement des giffards si, par les tentatives réitérées faites par le mécanicien pour amorcer l'alimentation, ils ne finissaient pas par être expulsés.

Lorsqu'on marche en contre-vapeur avec injection mixte de vapeur et d'eau, le fonctionnement des giffards est moins longtemps entravé, parce que l'air se dépense avec la vapeur et est successivement évacué par le tuyau d'échappement.

Il faut, pour éviter cet inconvénient, ou bien s'abstenir de fermer le régulateur et mettre la distribution au point mort effectif, comme l'a prescrit M. Marié dans ses instructions, ou bien, si l'on ferme le régulateur, il faut ouvrir préalablement le robinet de vapeur d'une petite quantité, de façon à envoyer dans le tuyau d'échappement 4 à 5 kilogrammes de vapeur par minute, qui suffisent pour y créer une atmosphère artificielle et pour prévenir l'introduction des gaz dans les cylindres.

D'une manière générale, toutes les fois que le mécanicien ferme le régulateur pendant que la machine est en marche, et notamment à la descente des pentes où la vitesse normale est entretenue par l'action seule de la gravité, il doit préalablement ouvrir l'injection de vapeur. Cette précaution, indépendamment du cas de la marche a contre-vapeur, est nécessaire pour maintenir les surfaces frottantes dans le meilleur état possible, en évitant les frottements à sec et l'introduction des cendres et de la suie.

Les expériences faites sur le chemin de fer d'Orléans, où ce perfectionnement a pris naissance, démontrent clairement l'utilité de l'injection de la vapeur dans cette circonstance.

Le fait signalé dans le meeting de Birmingham s'est produit récemment sur le chemin de fer de Paris à Sceaux et à Limours, où le service de la contre-vapeur avec injection d'eau seule venait d'être installé au moyen des robinets de M. Forquenot. — Le résultat s'était montré très-satisfaisant pour ce qui concerne la marche à contre-vapeur; mais les mécaniciens se plaignaient du dérangement continuel des

injecteurs Giffard. — J'ai constaté, avec MM. Bertera et Delannoy, que cette circonstance était uniquement due à ce que le mécanicien, soit pour ralentir à l'approche des stations, soit pour laisser le train prendre sa vitesse au moment où il s'engageait sur une forte pente, fermait toujours le régulateur; il a été immédiatement reconnu que, soit en ouvrant le robinet de vapeur au moment de la fermeture du régulateur, soit, mieux encore, en ne fermant pas le régulateur et en mettant la distribution au point mort, on évitait complétement les rentrées de gaz et le dérangement des injecteurs.

Dans cette même séance du 27 janvier 1870, un des membres de l'*Institution des ingénieurs mécaniciens*, M. F. Holt, a fait connaître qu'il avait tenté, il y a environ quinze ans, sur le South-Staffordshire Railway, un essai pour transformer la machine en frein, en cherchant à remédier aux difficultés du renversement de la vapeur, par une injection d'eau dans le tuyau d'échappement.

Au bout de huit ou dix jours, un accident, produit par le déclenchement et le retour brusque du levier de changement de marche, ce qui avait déterminé la rupture de ce levier et occasionné des avaries à la machine, a interrompu les expériences; celles-ci n'ont pas été reprises, même lorsque la vis de changement de marche a été introduite postérieurement en Angleterre.

D'après les détails fournis par M. F. Holt, dans sa communication, il paraît constant que la cause déterminante de l'insuccès a été la position défectueuse du point choisi sur la chaudière pour la prise d'eau. Le robinet, de 3/8 de pouce ou 10 millimètres environ, avait été placé sur le trou de vidange du bas de la plaque tubulaire dans la boîte à fumée, là où l'ébullition tend à rejeter incessamment la boue et les petits fragments de tartre détachés des tubes; il n'est pas vraisemblable qu'un robinet de 10 millimètres d'ouverture ait pu fonctionner régulièrement sans s'obstruer, dans une position semblable, et on peut admettre que c'est par le manque ou par l'insuffisance de l'injection, ayant pour conséquence l'échauffement des cylindres, le grippement des tiroirs et le développement d'efforts considérables dans le mécanisme de la distribution, qu'a été occasionné l'accident qui a mis fin aux expériences.

Je mentionne ce fait pour compléter le renseignement que j'ai déjà donné sur une tentative d'injection de vapeur dans les cylindres, faite en 1858, sur le chemin de fer d'Alicante, et abandonnée de même à la suite d'un accident.

Agréez, etc. »

M. Flachat pense que la Société trouvera la communication de M. Le Chatelier intéressante et instructive, surtout au point de vue des précautions à prendre pour prévenir les rentrées d'air dans la chaudière, et il propose de l'insérer dans le procès-verbal de cette séance.

M. Marché donne lecture de la première partie de sa Note sur le *Poids mort* dans les transports sur les chemins de fer et son influence sur le *Prix de revient* des transports.

Cette Note devant être publiée *in extenso* dans le Bulletin, nous n'en donnons ici qu'un résumé succinct.

La recherche des valeurs pratiques du *poids mort* était à l'origine le seul objet de cette étude, mais cette détermination exigeant une complète analyse des renseignements statistiques fournis annuellement par les Compagnies, M. Marché a été conduit à tirer des données de la statistique toutes les déductions qui en découlent, et la détermination du *prix de revient* des transports sur voies ferrées en est résultée.

D'un autre côté, cette Note ainsi développée répondait en grande partie à l'une des questions comprises dans le « Questionnaire relatif aux voies de transport, » rédigé par la commission d'enquête parlementaire sur le régime économique[1], et elle a été complétée à ce nouveau point de vue.

Après quelques généralités sur l'importance du poids mort et après avoir rappelé les chiffres d'ensemble donnés à ce sujet par M. Vidard, et ceux résultant d'une Notice de M. Haughton sur les chemins anglais dont il a été antérieurement donné connaissance à la Société, M. Marché formule ainsi le but de la première partie de sa Note :

« Déterminer pour chaque espèce d'unité, voyageur, tonne de marchandise à « grande et à petite vitesse, le poids total de l'unité, poids utile, véhicule et machine, « sur l'ensemble et sur chacune des six grandes lignes françaises en 1868. »

C'est dans les détails statistiques fournis par les Compagnies, à la suite de leurs comptes rendus annuels aux actionnaires, que doivent être puisés les éléments de cette détermination.

M. Marché insiste à cet égard sur les difficultés qu'on rencontre pour réunir des chiffres comparatifs, les comptes rendus ne présentant les résultats statistiques ni sous la même forme, ni avec les mêmes détails.

Il pense que bien des ingénieurs, désireux de faire des comparaisons analogues à celles qu'il aborde, ont été rebutés par les lacunes et les confusions qu'ils ont rencontrées. Il a tenu à ne pas s'arrêter devant ces difficultés, mais il a dû suppléer à bien des indications par des résultats indirects ou des hypothèses qui ont pu quelquefois altérer la stricte exactitude des chiffres obtenus ; mais, cependant, il l'espère, dans des limites suffisamment rapprochées pour que ses conclusions n'en soient pas moins rigoureuses.

M. Marché indique en quelques mots les particularités des comptes rendus de chacune de nos six grandes Compagnies ; il signale ceux de l'Est et du Midi comme étant les plus complets, et celui du Nord comme étant le plus sobre de renseignements.

Il présente ensuite le nouveau groupement qu'il a dû faire des données relatives à chaque ligne pour permettre les comparaisons et les totalisations, en commençant par celles qui concernent l'*importance du trafic*.

Le trafic comprend les voyageurs, les accessoires de grande vitesse et les marchandises.

Le nombre total en voyageurs est représenté par le nombre total de voyageurs transportés à un kilomètre ; ce chiffre, divisé par la longueur exploitée, fournit le nombre de *voyageurs à la distance entière*, qui est la mesure de l'importance du trafic en voyageurs sur chaque ligne.

Ce mouvement, qui est en moyenne de 6,000 voyageurs par jour à la distance entière sur les lignes de banlieue, et de 1,000 à 1,160 voyageurs sur les anciens réseaux du Nord, de l'Est, du Lyon et de l'Ouest, s'abaisse à 270 à 300 voyageurs sur les nouveaux réseaux d'Orléans et du Midi.

1. 6e *Question.* — Pourriez-vous indiquer le prix de revient par kilomètre des transports effectués sur les diverses lignes ferrées, en tenant compte, dans la détermination de ce prix des frais d'exploitation et de la somme nécessaire pour la rémunération du capital d'établissement ?

Le mouvement moyen sur l'ensemble des anciens réseaux est presque le triple de celui des nouveaux réseaux.

Pour les marchandises, l'écart d'une ligne à l'autre est plus grand encore. Le maximum d'intensité du mouvement de marchandises se produit sur la ligne de Lyon, ancien réseau, où on transporte par jour moyen 2,562 tonnes à la distance entière, et le minimum sur le nouveau réseau du Midi, où il n'est que de 190 tonnes, soit le treizième.

En assimilant, en raison des tarifs appliqués, le voyageur, la tonne de marchandises à petite vitesse et le 1/7 de la tonne de marchandises à grande vitesse, on peut représenter par un seul chiffre le nombre d'unités à la distance entière, l'ensemble des transports effectués sur chaque ligne, par jour moyen.

Ce chiffre varie, sur les anciens réseaux, de 1,878 unités (Orléans) à 3,970 unités (Lyon), et, sur les nouveaux réseaux, de 519 unités (Midi) à 1,265 (Est). La moyenne générale est de 2,059 unités.

Le trafic auquel a dû satisfaire chaque ligne, connu, il convient d'en rapprocher le mouvement des trains qui lui est consacré.

On déduit de ce rapprochement les nombres d'unités transportées par le train-kilomètre, pour l'ensemble et pour chaque espèce de trains.

M. Marché, en présentant les résultats de ces calculs, insiste sur la fréquence relative des trains sur les lignes de nouveau réseau et le faible chargement qui en est la conséquence.

Le nombre d'*unités* de toutes sortes transportées par kilomètre de *train moyen*, varie de 95 à 134 unités sur les lignes d'ancien réseau, et de 55 à 100 sur celles du nouveau. — Moyenne générale, 101 unités.

Dans les trains de voyageurs, le nombre de voyageurs par train-kilomètre varie de 52 à 72, anciens réseaux, et de 40 à 50, nouveaux réseaux.

Le chargement moyen en marchandises des trains de petite vitesse varie de 102 à 172 tonnes (anciens réseaux), et de 60 à 121 (nouveaux réseaux).

On peut, d'ailleurs, formuler comme il suit le caractère spécial de chaque ligne :

Anciens réseaux. *Nord* : Maximum de fréquence des trains. — Inégalité du trafic dans les deux sens du mouvement.

Lyon : Minimum de fréquence des trains. — Influence dominante des transports en marchandises. — Plus grande utilisation des trains.

Midi : Conditions analogues à celles du Lyon comme utilisation des trains, avec un trafic relativement faible.

Ouest : Influence dominante des transports de voyageurs.

Est et *Orléans* : Conditions moyennes.

Nouveaux réseaux. Fréquentation relativement trop grande et mauvaise utilisation des trains.

M. Marché aborde ensuite l'étude du mode d'utilisation du matériel roulant. En comparant aux nombres de voyageurs kilométriques le parcours annuel des voitures, leur capacité et leur poids, on détermine pour chaque ligne le poids du voyageur et de son véhicule, en tenant compte des parcours à vide et à charge incomplète, c'est-à-dire du rapport du nombre de places occupées au nombre de places offertes.

En évaluant à 75^{k} le poids propre du voyageur, on trouve qu'avec son véhicule, le

poids total de l'unité voyageur varie en moyenne de 630 à 830k. Le voyageur de troisième classe pèse de 420 à 556k, celui de première classe de 900 à 1,440k.

Les données relatives aux parcours annuels de chaque espèce de voiture, à leur utilisation, à l'effectif de chaque ligne, etc., complètent ces calculs.

M. Marché appelle l'attention sur la valeur du rapport des places occupées aux places offertes. Ce rapport varie de 0,20 à 0,30, il est moyennement de 0,25 ; de telle sorte, qu'en réalité les trois quarts du matériel circulent à vide.

Il énumère les causes nombreuses et variées de cet emploi imparfait du matériel, duquel il résulte que le poids du véhicule correspondant au voyageur, réduit par les efforts des ingénieurs qui étudient le matériel au *double de son propre poids*, est en pratique égal à 8 et 10 fois ce poids. Il insiste sur la faible valeur de ce rapport pour les voitures de 2e classe.

Des calculs et des considérations analogues sont ensuite présentés pour les wagons de grande vitesse, les wagons à marchandises et les machines locomotives, ce qui permet, après avoir pour chaque ligne relevé la composition et le poids de tous les éléments des trains, de fixer la valeur, sur chaque ligne, du poids total de chaque espèce d'unité.

On trouve ainsi que le poids total d'un voyageur, — poids utile, poids de voiture et fourgon et poids correspondant de machine, — varie de 1,051k à 1,415k sur les lignes d'ancien réseau, et de 1,387k à 2,061k sur celles du nouveau réseau.

L'unité tonne de marchandises à grande vitesse a un poids total variant de 8,000 à 16,750k, et l'unité à petite vitesse pèse de 2,545 à 3,036k.

Le poids moyen des trains de voyageurs varie de 91 tonnes à 136 tonnes, — machine comprise, — et celui des trains de marchandises de 184 à 459 tonnes. Le poids maximum de 459 tonnes est celui obtenu sur le Lyon, ancien réseau.

L'évaluation des *prix de revient*, en tenant compte des poids d'unité ainsi déterminés, fait l'objet de la seconde partie de la communication de M. Marché, qui est renvoyée à la prochaine séance.

MM. Caillaux, Clair, Curchod, Desprès, Escande, Henriet, Hourier et Leprince ont été reçus comme membres sociétaires, et MM. Giroud et Sommier comme membres associés.

Séance du 20 Mai 1870.

Présidence de M. Ch. Laurent, *vice-président.*

Le procès-verbal de la séance du 6 mai est adopté.

M. le Président annonce le décès de MM. Cazaux, Guelle, Poulot et (Zérah) Colburn, membres de la Société.

M. le Président pense qu'on apprendra avec plaisir la nomination de M. Charles

Goschler au poste élevé de Directeur du contrôle de la construction des chemins de fer de la Turquie d'Europe.

Il est ensuite donné lecture d'une lettre de M. Brunt, au sujet de la communication faite par M. Laming, dans la séance du 18 mars dernier, sur les moyens de remédier aux variations de la pression du gaz d'éclairage.

Dans cette lettre, M. Brunt dit que l'examen le plus superficiel démontrera qu'il n'existe pas de difficulté à obtenir la fermeture complète des soupapes, et ce serait pousser loin l'exigence que vouloir, des régulateurs construits pour des consommations de gaz n'étant pas inférieures à 200 ou 300 becs, le réglage précis des flammes de un ou deux becs.

Les régulateurs à double cône sont construits, le plus généralement, pour le service des usines à gaz, et les dimensions atteignent jusqu'à $0^m,50$, $0^m,60$ et même plus, d'entrée et de sortie du gaz. Il ne saurait donc être question de régler un ou deux becs. La fermeture des soupapes peut cesser d'être complète par l'interposition d'un léger dépôt entre les cônes et leur siége, et cela se produit aussi bien dans les régulateurs à simple cône que dans ceux à double cône : le remède est facile puisqu'il suffit d'un simple nettoyage.

En parlant des régulateurs secs ou à membranes, M. Laming dit *qu'il prit un brevet en 1862 dans le but unique de le lancer dans le domaine public et que depuis Brunt et Cie en ont fabriqué des quantités considérables.*

Or, n'est-ce pas affirmer que Brunt et Cie ont attendu le brevet de M. Laming pour construire leurs régulateurs de becs?

M. Brunt et Cie construisaient et vendaient le bec régulateur plusieurs années auparavant, et beaucoup d'usines à gaz l'employaient dès 1859.

La vérité est donc que M. Laming prit un brevet, en 1862, pour un régulateur identique à celui connu avant lui.

M. Laming, à qui cette lettre a été communiquée, dit qu'il maintient son appréciation, et il soutient que si le dépôt a lieu sans une soupape, l'autre ne pouvant plus fermer, elle laisse passer le gaz en quantité suffisante pour annuler l'action de l'appareil.

Il regrette que M. Brunt n'ait pas mieux compris l'esprit de sa communication, qui avait pour objet de faire connaître ses appareils et ceux de ses collègues sans en préconiser aucun, et d'arriver à en vulgariser l'emploi.

M. LE PRÉSIDENT annonce que M. Jacqmin, ingénieur en chef et professeur à l'École des ponts et chaussées, a fait hommage à la Société d'un exemplaire de son ouvrage sur les *Machines à vapeur, leçons faites en 1869-1870 à l'École impériale des ponts et chaussées.* Des remercîments seront adressés à M. Jacqmin, et cet intéressant ouvrage est renvoyé à M. Dieudonné qui veut bien se charger d'en rendre compte à la Société.

M. BRÜLL informe la Société que si certains membres désirent visiter *les travaux du service municipal pour l'utilisation des eaux d'égouts*, M. Alfred Durand-Claye propose de se tenir à leur disposition le lundi de la Pentecôte (6 juin). Le départ pour Asnières serait de préférence fixé à 8 heures 5 minutes du matin, gare Saint-Lazare.

M. WEIL adresse à la Société une brochure sur un nouveau procédé de dosage volumétrique du cuivre; à l'appui de sa méthode il donne les titrages suivants :

I. *Titrage du sulfate de cuivre cristallisé pur.*

500 cc. de solution aqueuse = 7gr,867 Cu O, SO^3 + 5 HO.
= 2 gr. cuivre pur.

A.	25 cc. de cette solution ont exigé			16,25	cc. de chlorure d'étain.	
B.	—	—	—	16,20	—	—
C.	—	—	—	16,20	—	—

Par conséquent :

0gr,1 cuivre = 16,20 cc. chlorure d'étain :

ce qui constitue le titre de la liqueur d'étain.

II. *Titrage d'une dissolution renfermant des quantités connues de cuivre et de fer.*

500 cc. = 2 grammes cuivre pur + 2 grammes fer pur.

A.	25 cc. =	34,60	cc. de chlorure d'étain.	
B.	25 cc. =	34,65	—	—
Moyenne. . .		34,625	—	—

Il s'ensuit que :

0gr,1 cuivre + 0,1 fer	=	34,625	cc. de chlorure d'étain.	
A déduire . . . 0,1 fer	=	18,34	—	—
Reste pour . . 0,1 cuivre	=	16,285	—	—

Par conséquent :

Trouvé au lieu de 50 pour 100 de cuivre, 50,25 pour 100.

III. *Titrage d'une solution renfermant des quantités connues de cuivre, fer et étain.*

500 cc. de cette dissolution = cuivre 1 gr.
fer . . 0,5
étain . 0,5
Total. . . . . 2 grammes de métaux.

A.	25 cc. =	12,75	cc. de chlorure d'étain.	
B.	25 cc. =	12,70	—	—
Moyenne.	=	12,73	—	—

0.05 cuivre + 0,025 fer (+ 0,25 étain)	=	12,73	chlorure d'étain.
A déduire. . . . . 0,025 fer.		4,58	— —
Reste pour. . . . 0,05 cuivre.		8,15	— —

Trouvé par conséquent :

Cuivre 50,3 pour 100 au lieu de 50 pour 100.

IV. *Titrage d'un cuivre pyriteux.*

4 grammes de minerai ont donné 250 cc. de dissolution sulfurique.

A.	25 cc. (+ 5 cc. ClH)	= 26,7 de	chlorure d'étain.
B.	25 — —	= 26,8 —	—
	Moyenne.	= 26,75 —	—

Le titrage de fer a donné :

25 cc. = 0g,0809 fer = 14,837 cc. chlorure d'étain.
25 cc. = 26 ,75 cc. de chlorure d'étain pour cuivre et fer.
A déduire . . 12 ,837 — — — cuivre seul.
Reste . . . 14 ,913 — — — cuivre seul.

RÉSULTATS.

Procédé par l'analyse quantitative ordinaire.	Procédé par ce titrage.
Cuivre. . . 18,34 pour 100	Cuivre 18,38 pour 100.
Fer . . . . 20,10 —	Fer. . 20,25 —

V. *Titrage d'un bronze de cuivre, zinc, étain et plomb.*

2 grammes de ce bronze = 250 cc. de dissolution sulfurique.

A.	25 cc. (+ 5 cc. ClH)	= 25,51 cc.	chlorure d'étain.
B.	— —	= 25,35 —	—
	Moyenne	25,43 —	—

RÉSULTATS.

Procédé par l'analyse quantitative ordinaire.	Procédé par ce titrage.
Cuivre. . . 78,56 pour 100.	Cuivre. . . 78,45 pour 100.

Ce titrage du cuivre pourra être d'une grande utilité non-seulement aux ingénieurs métallurgistes, mais encore aux ingénieurs de chemins de fer qui ont intérêt à connaître rapidement et exactement la richesse en cuivre des coussinets, supports et autres pièces en bronze ou laiton.

M. LE PRÉSIDENT donne la parole à M. Marché, pour la seconde partie de sa communication sur le poids mort et le prix de revient des transports sur les chemins de fer français.

M. MARCHÉ expose qu'il s'est proposé de présenter les prix de revient comparatifs pour nos six grandes lignes, sous une forme qui permette d'évaluer sur chaque ligne le prix par espèce d'unité, voyageur et tonne de marchandises, en tenant compte de la vitesse, du poids mort, de la composition des trains, etc., et de comparer les prix par espèce d'unité d'une ligne à l'autre pendant un exercice et d'une année à l'autre sur la même ligne, mesurant ainsi l'influence des données spéciales, profil, système d'exploitation, augmentations de trafic, etc.

Le point le plus délicat, dans cette recherche est le choix de l'unité à laquelle les dépenses doivent être rapportées.

L'usage général des comptes rendus des Compagnies est de prendre pour unité le *kilomètre de train moyen.*

Ce mode d'évaluation fournirait des chiffres comparatifs si le train moyen avait une composition, un poids et une vitesse semblables d'une Compagnie à l'autre et sur une même ligne, d'une année à l'autre; il n'en est pas ainsi, et le train moyen n'est pas une quantité toujours semblable à elle-même comme doit l'être l'unité de comparaison. C'est d'ailleurs un train presque idéal, au moins sur nos grandes lignes où le service des voyageurs et celui des marchandises sont effectués par trains séparés; c'est comme composition, poids et vitesse un train dont l'analogue ne se rencontre que sur les lignes exploitées par trains mixtes.

Les dépenses d'exploitation par kilomètre de train moyen varient de 2 fr. 43 à 2 fr. 82 sur l'ancien réseau, de 2 fr. 34 à 2 fr. 97 sur le nouveau, et la moyenne générale, y compris les lignes de banlieue où le prix s'élève à 3 fr. 27, est de 2 fr. 71.

En divisant la dépense totale par le nombre de tonnes de poids quelconque : poids utile, véhicules et machines, à un kilomètre, on aura le coût *d'une tonne kilométrique de poids brut*. Cette unité permet de faire ressortir l'influence du poids mort; mais c'est encore une moyenne quelque peu idéale, parce que dans le calcul on y assimile une tonne de poids brut en trains de voyageurs, circulant à une vitesse de 35 à 50 kilomètres, à une tonne de poids brut en train de petite vitesse : ces deux quantités exigent évidemment une somme différente de travail mécanique, et par conséquent ne sauraient être obtenues avec une égale dépense. Ce qu'il conviendrait donc de déterminer, c'est le coût par *tonne kilométrique brute à une vitesse donnée*, et en particulier à celle des trains de voyageurs et à celle des trains de marchandises.

Le coût moyen par tonne kilométrique brute moyenne varie, sur l'ancien réseau, de 0f,010 à 0f,014, et sur le nouveau de 0f,013 à 0f,023. La moyenne générale est de 0f,0125.

M. Marché développe la méthode qu'il a adoptée pour déterminer le prix de revient d'exploitation, rapporté à la tonne brute transportée. Elle consiste à grouper les sommes partielles qui forment la dépense d'ensemble, en réunissant celles dont la cause déterminante est la même, et à rapprocher du chiffre obtenu l'élément de trafic qui représente cette cause. On peut ramener ces groupes à quatre :

1° Les dépenses constantes ou variant avec l'intérêt du trafic, mais indépendantes de la manière dont le trafic est effectué, c'est-à-dire les frais qui, sur une ligne donnée, subsisteraient les mêmes, quelques variations qui seraient apportées dans le nombre des trains, leur composition, leur vitesse, etc.

Il est naturel de répartir ces dépenses sur l'ensemble de la recette, ou plus simplement sur le nombre total d'unités kilométriques, de sorte que si A est la somme totale, N le nombre d'unités kilométriques annuel, on aura par unité kilométrique :

$$b = \frac{A}{N}.$$

2° Les dépenses nécessitées par le mouvement et le service des trains (formation des trains, personnel, gares, etc.), dont la somme B peut être considérée comme variant avec le parcours des trains T, de telle sorte qu'on a par kilomètre de train :

$$h = \frac{B}{T}.$$

3° Les frais relatifs à la traction des trains qui, augmentant évidemment avec le poids traîné, les chemins parcourus, la vitesse et l'effort de traction par tonne, peuvent être considérés comme proportionnels au *travail mécanique* développé et, par conséquent, au produit du *tonnage kilométrique* par l'*effort de traction* par tonne.

Si C est la somme de ces frais, P le nombre total de *tonnes kilométriques brutes* et φ l'effort moyen de traction par tonne remorquée, on aura par unité de travail mécanique (1000 kilogrammètres) :

$$\frac{C}{P.\varphi} = t\,\frac{c}{\varphi}.$$

4° Enfin les dépenses qui, comme celles de la voie, résultent d'une usure et d'une fatigue proportionnelles aux poids transportés et aux chemins parcourus, devront être rapportées à la tonne kilométrique de poids brut. De sorte que D étant le montant de ces dépenses, on aura par tonne kilométrique brute :

$$d = \frac{D}{P}.$$

Si maintenant on considère sur une ligne, pour laquelle on aura déterminé les coefficients a, b, c, φ et d, un train de poids p, renfermant n unités et marchant à une vitesse telle que l'effort de traction par tonne qui, on le sait, varie avec cette vitesse, serait f, on aurait pour la dépense x par *kilomètre de train*, la valeur :

$$x = a.n + b + c.\frac{f}{\varphi}.p + d.p \qquad (1).$$

D'où on déduirait, en divisant par p, le coût par tonne kilométrique de poids brut :

$$\frac{x}{p} = a.\frac{n}{p} + \frac{b}{p} + \frac{c.f}{\varphi} + d \qquad (2).$$

Ces formules permettront, sur une ligne donnée, de déterminer la dépense, pour chaque *espèce de train*, en y substituant les valeurs correspondantes de p, n et f.

Si on considère plusieurs lignes, les différences de longueur exploitée, de profil, de système d'exploitation, etc., se traduiront par des valeurs différentes dans cinq coefficients a, b, c, d et φ, et on aura une formule spéciale pour chaque Compagnie.

Enfin, si on compare, sur la même ligne, plusieurs exercices, les valeurs des cinq coefficients ci-dessus représenteront l'effet des variations de trafic, en améliorations et en économies réalisées, etc.

M. Marché montre ensuite que ces formules permettent de se rendre compte de tous les faits intéressants résultant des variations apportées dans la composition des trains, et de trouver, par exemple, sur une ligne donnée, le prix de revient des transports de petite vitesse effectués par les trains les plus lourds, celui des trains de plaisir, des trains express, l'ascension des fortes rampes, etc., en substituant dans ces formules les valeurs correspondantes de p, n et f.

Les comptes rendus des Compagnies ne fournissent pas les dépenses d'exploitation avec assez de détails pour qu'on puisse exactement fixer les valeurs des sommes partielles A, B, C et D; mais on peut avoir une approximation suffisante, et, en tout cas, des chiffres comparatifs en prenant le groupement adopté par tous les comptes rendus et admettant que :

1° Les frais d'administration centrale, etc., sont proportionnels au nombre d'unités kilométriques, — ce serait la somme A.

2° Les frais d'exploitation proprement dite, proportionnels au parcours des trains, — somme B.

3° Les dépenses de traction et de matériel, proportionnelles au travail mécanique, — somme C.

4° Enfin, les dépenses de voie et renouvellement, proportionnelles au tonnage kilométrique, — somme D.

Les calculs, effectués dans cette hypothèse, fournissent les formules relatives à chaque ligne ; nous indiquons les suivantes comme exemple :

Coût d'exploitation par tonne kilométrique brute, en centimes.

Est. Ancien réseau.....	$0{,}132\,\frac{n}{p} + \frac{80{,}9}{p} + 0{,}384\,\frac{f}{\varphi} + 0{,}307$
Lyon. Ancien réseau.....	$0{,}135\,\frac{n}{p} + \frac{113{,}2}{p} + 0{,}354\,\frac{f}{\varphi} + 0{,}164$
Orléans. Ancien réseau.....	$0{,}153\,\frac{n}{p} + \frac{82{,}9}{p} + 0{,}431\,\frac{f}{\varphi} + 0{,}366$
Moyenne de l'ancien réseau.....	$0{,}140\,\frac{n}{p} + \frac{93{,}7}{p} + 0{,}404\,\frac{f}{\varphi} + 0{,}257$
Moyenne du nouveau réseau.....	$0{,}287\,\frac{n}{p} + \frac{92}{p} + 0{,}505\,\frac{f}{\varphi} + 0{,}371$

M. Marché rappelle ensuite les valeurs qu'il a indiquées dans la première partie de sa Communication par le poids p des trains et leur contenance n en unités, pour la grande et la petite vitesse; il indique comment on peut évaluer les valeurs de f et de φ, et présente enfin le tableau du prix par tonne kilométrique brute à grande et à petite vitesse sur nos six grandes lignes, tableau qu'on peut résumer ainsi :

Coût d'exploitation par tonne kilométrique brute, en centimes.

		A la vitesse des voyageurs et des trains mixtes.	A la petite vitesse.
		centimes.	centimes.
Ancien réseau.	Nord	1.624	0.949
	Est	1.646	0.916
	Lyon	1.606	0.740
	Ouest	1.992	1.042
	Orléans	1.709	0.977
	Midi	1.602	0.847
	Moyenne. Ancien réseau	1.687	0.896
Nouveau réseau.	Nord	1.789	1.194
	Est	1.996	1.181
	Lyon	1 896	1.015
	Ouest	2.299	1.327
	Orléans	1.775	1.303
	Midi	2.758	1.837
	Moyenne. Nouveau réseau	2.215	1.194

Le prix de la tonne brute à la vitesse des voyageurs et des trains mixtes est double de celui correspondant à la petite vitesse.

C'est sur le chemin de Lyon qu'en raison du grand trafic et des soins apportés à la composition des trains, dont le nombre est relativement faible et le chargement élevé, le coût de la tonne brute à petite vitesse atteint son minimum 0c,74.

En rapprochant de ces chiffres les poids par unité déterminés dans la première partie, on pourra évaluer le montant des dépenses par unité kilométrique, et le présenter sous une forme qui permettra d'apprécier l'influence du poids mort.

On trouve ainsi :

Prix de revient en centimes.

	Par voyageur.	Par tonne de marchandise à petite vitesse.
	a. t. c.	c. t. c.
Ensemble de l'Ancien réseau.	1.69 × 1.250 = 2.109	0.896 × 2.720 = 2.44
Lignes de banlieue.....	2.21 × 1.500 = 3.320	»
Ensemble du Nouveau réseau.	2.41 × 1.045 = 2.520	1.104 × 2.850 = 3.40

M. Marché donne quelques indications sur le prix de revient des voyageurs en train express et suivant la classe. Il fait ressortir que ces prix ne sont pas entre eux dans le rapport des tarifs actuels, et, cela, au détriment des voyageurs de troisième classe qui, en réalité, payent une partie du confortable des deux autres classes, l'excédant de vitesse des premières classes, et même supportent l'impôt du 1/10 dans une trop grande proportion.

Enfin, pour compléter l'évaluation du prix de revient, il faut ajouter aux dépenses d'exploitation la rémunération, l'intérêt à 5 % du capital d'établissement ; la répartition par unité en est faite au prorata du coût d'exploitation.

M. Marché présente le résultat de cette répartition dans un tableau où figurent en face du prix de revient total les tarifs moyens appliqués, supérieurs de près de 2 centimes en moyenne, pour l'ancien réseau, au prix de revient total — exploitation et intérêts — inférieurs de plus de 3 centimes sur le nouveau réseau.

Il termine en résumant l'ensemble de la situation sur nos grandes lignes et en montrant qu'en rapprochant des chiffres moyens ceux qui représentent le minimum des dépenses obtenu jusqu'ici et ceux qu'on obtient exceptionnellement quand les conditions les plus favorables d'utilisation complète des trains et des véhicules peuvent être réunies, on peut mesurer toute l'étendue du champ des améliorations possibles par l'extension du trafic, la diminution des poids morts, etc.

M. Dieudonné fait remarquer que si les voyageurs de première classe ont plus de comfort et plus de vitesse, il serait juste de tenir compte de la différence des longueurs de parcours; on trouverait peut-être ainsi que la première classe coûte moins que l'a dit M. Marché.

M. Marché répond qu'à la vérité il a laissé de côté les tarifs différentiels, et que tous ses chiffres sont établis sur les parcours moyens.

M. Maldant demande quelles seraient les conclusions de M. Marché au point de vue d'une modification à introduire dans le matériel roulant, ou d'une préférence à donner entre les matériels actuels des Compagnies.

M. Marché n'a pas de préférence à indiquer; il pense que le poids net des véhicules est constant pour les différentes Compagnies, et que les différences qu'il a obtenues ne dépendent absolument que de la manière dont le matériel est utilisé dans l'exploitation.

M. Brüll demande si les différences de proportionnalité des prix de transport des voyageurs aux chiffres 10, 18 et 24, ne pourraient pas s'expliquer par la différence du capital de construction.

M. Marché répond que les chiffres qu'il a donnés pour le coût relatif des trois classes de voyageurs ne comprennent que les frais d'exploitation. Comme d'ailleurs il admet que l'intérêt des dépenses de premier établissement doivent se répartir au prorata du coût d'exploitation, le rapport entre le prix de revient des trois classes est le même, qu'on y comprenne ou non la rémunération du capital de construction.

M. le Président remercie M. Marché de son intéressante communication, sur laquelle une discussion plus approfondie pourra s'engager lorsqu'elle aura été publiée *in extenso*.

M. J. Morandière dépose une note contenant des observations sur la proposition de modification de la loi de 1865 sur les chemins de fer d'intérêt local, et il demande la permission d'en résumer seulement l'esprit général.

Dans cette note, le projet de loi est examiné dans son ensemble, et quelques amendements ou nouvelles modifications sont proposés. On y insiste tout particulièrement sur la nécessité de l'augmentation du concours de l'État.

Un certain nombre de critiques ont cru voir là une contradiction apparente avec l'esprit de décentralisation qui a dicté le projet de loi. Mais, il faut le remarquer l'État n'intervient pas activement; c'est le Trésor qui passivement fournit un concours déterminé à l'avance par une loi, et que l'on n'a pas à demander au bon vouloir de l'administration centrale. L'initiative locale et départementale reste donc entière.

Nos lois actuelles de finance attribuent au département une quote-part très-limitée de l'impôt, et il faudrait les refaire pour permettre au département de se suffire à lui-même sans recourir au Trésor. Ce progrès ne se fera du reste peut-être pas attendre.

M. Normand pense qu'il faut encourager la création de tous les moyens de transport et surtout l'amélioration de la navigation. Il espère avoir l'occasion dans la prochaine séance de développer ses idées à cet égard.

M. Morandière a eu l'intention d'appuyer le projet de loi et non de le critiquer. On peut y signaler encore certaines facilités administratives, comme la proposition du jury créé par la loi de 1836, plus simple que celui de la loi de 1841, et la mention expresse du désir de voir accorder toutes les facilités d'exploitation compatibles avec la sécurité des voyageurs.

M. Leloup proteste contre certaines dispositions de la nouvelle loi, tendant à supprimer les clôtures. Il pense que le cultivateur aime à être clos, et qu'il conviendrait, dès lors, d'isoler les voies, sans accroissement de dépenses, par des plantations fruitières.

M. Morandière répond que toutes les fois que la ligne traverse une propriété close il est certain qu'il y aurait lieu à forte dépréciation si la clôture n'était pas rétablie; mais dans le cas général il faudra faire aussi peu que possible obstacle à la traversée

de la ligne par les piétons. — Si les clôtures dites en haies fruitières sont productives, rien n'empêchera de les adopter ; il suffira qu'il n'y ait pas continuité rigoureuse, et que de nombreuses traversées soient ménagées. L'économie la plus importante est d'ailleurs celle du gardiennage des passages à niveau : — le peu de fréquence des trains et l'absence de service de nuit montrent qu'une telle suppression est sans danger. L'exemple existe d'ailleurs pour bon nombre de chemins industriels desservis par locomotives, et, à l'étranger, beaucoup de chemins à voyageurs sont dans ce cas.

M. Leygue adopte sans restriction, dans le projet de loi, toutes les simplifications de formalités administratives, et la dispense de poser des clôtures le long de la ligne et d'établir des barrières aux croisements des routes et chemins. Cette extension des franchises accordées par la loi de 1865 est devenue indispensable à l'établissement de la plus grande partie des chemins de fer départementaux. Mais on ne saurait admettre sans un examen très-attentif, au double point de vue de l'utilité et de l'opportunité, les modifications proposées par le nouveau projet de loi en ce qui concerne les dispositions financières de la loi de 1865. En effet, les modifications proposées auront pour résultat d'étendre le réseau des chemins de fer départementaux au delà des limites déterminées par la loi de 1865 ; et il y a lieu de se demander quelle était cette limite, et s'il convient de la reculer, car il paraît évident que pour certaines contrées un chemin de fer peut être un luxe.

M. Morandière répond que cette question est du domaine de l'économie politique : le chemin de fer économise le transport, et quand l'ensemble des économies ainsi réalisées par le pays est plus grand que l'intérêt des capitaux à rémunérer pour atteindre ce but, la dépense doit être rangée parmi celles dites *productives*, et le chemin de fer doit être fait.

M. Leygue reconnaît toute la valeur de cet argument pour les lignes d'intêret général, mais, pour les chemins de fer départementaux, il serait à craindre que leur établissement basé sur ce principe ne vînt à dépendre trop facilement de la manière plus ou moins habile avec laquelle les chiffres seraient présentés. Quoi qu'il en soit, la question d'opportunité resterait tout entière.

Séance du 3 Juin 1870.

Présidence de M. W. Nordling, *Vice-Président.*

Le procès-verbal de la séance du 20 mai est adopté.

M. le Président annonce que M. Desbrière a été nommé chevalier de l'ordre des Saints Maurice et Lazare; M. Vegni, commandeur de la Couronne d'Italie, et M. Agnès, commandeur du Christ du Portugal.

M. le Président donne communication d'une Note de M. le maire de la ville d'Oran, par laquelle il informe les Ingénieurs civils qui voudraient concourir pour l'emploi de chef de service de la petite voirie des eaux et des bâtiments communaux, d'avoir

à lui adresser avant le 30 juin courant leur demande avec tous les renseignements à l'appui, de nature à faire connaître leur aptitude.

Ils seront ultérieurement avisés du jour de la réunion d'une commission chargée d'examiner leurs titres pour l'emploi dont il s'agit et auquel est attribué un traitement fixe de 6000 fr.

M. le Président dépose sur le bureau :

Les fascicules 1 à 8 de l'enquête sur l'industrie textile,
— 1 à 9 de l'enquête sur la marine marchande.

L'ordre du jour appelle le compte rendu par M. Gaudry du rapport du vice-amiral Paris sur l'art naval à l'exposition de 1867.

Ce compte rendu devant être inséré *in extenso* au Bulletin, nous n'en donnerons qu'un résumé.

M. Gaudry, après avoir exprimé les remercîments que la Société doit à l'amiral Paris pour l'offre de son important ouvrage, en fait ressortir les parties principales et en prend occasion pour caractériser les particularités qui font des navires récemment construits une marine toute nouvelle, où les engins mécaniques jouent le rôle principal. L'Angleterre a exposé avec le plus grand libéralisme tous les plans et modèles montrant la dernière expression de ses progrès dans l'art naval en tous pays. On constate d'abord la prédominance de plus en plus grande de la vapeur sur les voiles, et des constructions en fer sur celles en bois. Les coques sont à double fond, et forment pour ainsi dire deux coques l'une dans l'autre, l'entre-deux étant cloisonné. On n'a pu encore éviter l'attache des herbes et des coquilles sur les coques en fer ; les bassins de carénage sont nécessaires en plus grand nombre que par le passé. L'emploi du fer s'est généralisé, non-seulement pour la coque, mais pour les mâts, les vergues et les cordages principaux. On tend à affiner les lignes d'eau et à supprimer la quille. L'allongement, non limité pour les bâtiments de commerce, l'est pour les bâtiments de guerre, par la nécessité d'évoluer facilement. L'amirauté anglaise, qui s'était appliquée jusqu'ici à la construction des bâtiments d'énormes dimensions d'une manœuvre difficile, revient maintenant pleinement, sous la direction de M. Reed, aux idées françaises émises dès le principe par M. Dupuy de Lôme. L'hélice remplace presque partout les roues, dans la marine de guerre comme dans la marine commerciale. Dans celle-ci, les bâtiments mixtes se généralisent de plus en plus. Dans la marine militaire, on a maintenant une grande variété de types rentrant dans trois classes, transports, frégates et monitors. Ces derniers navires se caractérisent par leur immersion, ne présentant hors de l'eau que la cheminée et les tourelles, les canons sur affûts à coulisse, la cuirasse et l'éperon, dispositions que les frégates elles-mêmes empruntent.

Sur ces divers points, M. Gaudry résume les dispositions adoptées dans un exposé qui sera inséré *in extenso* au Bulletin, et il conclut en se demandant quels seront dans une guerre les effets terribles et de l'artillerie et des éperons, quelle sera la résistance des divers blindages et l'importance des qualités nautiques et des facilités d'évolution. Le progrès, loin de s'arrêter, semble se précipiter, et chaque navire mis en chantier est construit sur une idée nouvelle de perfectionnement. Ainsi se poursuit la lutte acharnée pour la conquête des mers, la guerre d'argent.

L'avantage, en ce moment, semble appartenir à l'Angleterre qui a fait tourner au profit de son industrie privée ces travaux gigantesques, dont le génie civil est tenu malheureusement plus éloigné en France.

Un Membre rappelle les expériences faites avec de doubles cloisons étanches, pouvant être remplies pour immerger en partie la muraille au moment du combat, et être ensuite vidées par des pompes. Il cite aussi l'emploi des boulets en fonte dure, réduisant la dépense du coup à 250 ou 300 fr.

M. le Président demande quelques détails sur l'assemblage des mâts en fer.

M. Gaudry indique que ces mâts sont soutenus par deux bigues ou poutres inclinées, au lieu d'être amarrés par des haubans. L'ensemble du mât et de ses deux bigues forme ainsi une sorte de trépied.

M. le Président remercie M. Gaudry de son intéressante communication et, sur la proposition de M. Maldant, ajourne la discussion pour pouvoir y convier les membres de la Société dont la compétence spéciale augmentera l'intérêt de cette discussion.

L'ordre du jour appelle la discussion sur le projet de loi concernant les chemins de fer d'intérêt local.

M. Leygue pense que l'article 5 de la proposition de loi doit seul soulever quelques objections; non pas évidemment en ce qui concerne le premier paragraphe, au terme duquel les subventions de l'État cessent d'être facultatives et deviennent obligatoires, mais au sujet de l'accroissement proposé de cette subvention. Il y a lieu de se demander, en effet, quelle est ainsi la nouvelle situation faite aux chemins de fer d'intérêt local. Évidemment le nombre des concessions immédiatement accordées est augmenté, et l'on satisfait aux réclamations d'un plus grand nombre de départements; mais là n'est pas toute la question; il faut encore que les fonds de l'État, ceux du département, de la commune et des intéressés, soient le plus utilement employés.

Or l'accroissement des ressources accordées par l'État favorisera inévitablement la tendance fâcheuse que les départements montrent aujourd'hui de ne vouloir, en principe, que des chemins à large voie (1m.50). Plusieurs lignes seront construites dans ce système dispendieux, dont l'adoption eût été sans doute écartée par une plus longue expérience du réseau ferré vicinal; et non-seulement il en résultera que les capitaux seront engagés dans des conditions regrettables et au détriment de l'extension momentanée du réseau, mais encore qu'on tardera d'autant plus à adopter les voies réduites que l'économie totale à réaliser sur l'ensemble des lignes restant à construire sera moindre.

Ce double écueil à éviter rend tout au moins inopportune l'augmentation de la part de l'État dans les frais de construction de chemins de fer d'intérêt local.

D'ailleurs il est certain que les avantages, au point de vue des capitaux engagés par les départements, les communes et les intéressés, que donnerait à la création des chemins de fer d'intérêt local le nouveau projet de loi, se retrouvent largement dans l'adoption très-motivée de chemins à voie étroite; il suffit, pour s'en convaincre, de mettre en regard les deux chiffres 100,000 et 50,000 francs, qui semblent devoir marquer, dans la construction des chemins de fer à section ordinaire et à voie étroite, les limites inférieures des économies à réaliser pour la dépense kilométrique.

M. le Président évalue à 2,000 ou 3,000 fr. le produit brut kilométrique de certaines lignes d'intérêt local.

M. Regnard croit, comme M. Leygue, à l'utilité très-grande des chemins à voie réduite, et rappelle les discussions qui ont eu lieu il y a deux ans sur cette question,

qui a donné naissance à plusieurs mémoires tendant à vaincre le préjugé qui repousse l'emploi du chemin de fer à petite voie, dont on voit cependant un spécimen important, la ligne du pays de Waes, d'Anvers à Gand, créée en 1822, rendre des services très-grands et rémunérer ses actionnaires.

M. LE PRÉSIDENT constate que l'opinion publique n'est pas devenue plus favorable à l'adoption de la voie réduite. Il faut, pour modifier l'opinion publique en France, que quelques grands désastres arrêtent l'essor d'intérêt local à grande voie, ou que des succès retentissants de chemins à petite voie à l'étranger s'imposent à l'opinion. Quelques-uns sont en projet en Autriche.

UN MEMBRE insiste sur la manière regrettable dont se font les concessions, par affaires commerciales, au profit de compagnies quelquefois étrangères. Une dépense effective kilométrique de 66,000 francs se trouve ainsi portée à 140,000 francs.

M. LE PRÉSIDENT voit en effet dans ce système l'appât offert aux entrepreneurs qui ne cherchent qu'à exprimer des travaux le plus gros bénéfice.

UN MEMBRE voudrait que chaque département s'occupât lui-même de la construction de ses chemins par les ingénieurs des ponts et chaussées.

M. LE PRÉSIDENT cite le département de la Meurthe qui en agit ainsi, mais en donnant les travaux par petites adjudications et non par soumissions à forfait.

M. MORANDIÈRE explique que les auteurs du projet de modification désiraient indiquer des facilités d'exploitation; mais comme la plus grande latitude doit être laissée à cet égard aux diverses combinaisons, on a dû se borner à écrire dans l'exposé des motifs une phrase invitant les préfets à accorder toutes les facilités compatibles avec la sécurité des voyageurs.

Pour les grandes lignes de chemin de fer, l'exploitation est régie par l'ordonnance de novembre 1846; bien que celle-ci ne fasse pas loi pour les chemins d'intérêt local il est à craindre que les préfets, désireux de mettre leur responsabilité à couvert, et ne distinguant pas au juste ce qu'il faut supprimer, ne reproduisent la plupart des mesures de l'ordonnance, dans les arrêtés portant règlement de l'exploitation.

L'administration n'a pas fait un nouveau règlement spécial aux lignes d'intérêt local, et en cela elle a eu raison puisqu'elle laisse le champ libre aux combinaisons diverses que peuvent nécessiter des cas différents. Mais nous croyons qu'il serait bon, pour des concessionnaires qui se préoccuperaient sérieusement de l'exploitation future, de faire rédiger à l'avance l'arrêté préfectoral qui remplacera l'ordonnance de 1846, et de le joindre au cahier des charges et au décret déclarant l'utilité publique.

On y trouvera deux avantages : 1° cet arrêté ne pourra être rapporté ou modifié simplement, dans les formes ordinaires; 2° l'administration préfectorale, qui sentira que la sanction de l'administration supérieure lui enlève moralement une certaine part de responsabilité, se montrera beaucoup plus libérale sur le chapitre de la réglementation.

M. LE PRÉSIDENT craint de ne pas trouver des préfets assez hardis pour s'éloigner des anciens errements au sujet de la réglementation.

UN MEMBRE cite le chemin de fer de Fougères à Vitré qui rapporte 6,200 fr. de recette brute et dépense 4,700 fr. par kilomètre pour l'exploitation.

M. LE PRÉSIDENT demande si le compte d'établissement de ce chemin est bien arrêté.

UN MEMBRE répond que ce chiffre fixé primitivement à 6,700 fr. est arrêté définitivement à 82,000 fr., et que 4,700 fr. représentent la dépense réelle annuelle pour trois trains par jour.

M. Desgrange croit qu'une dépense de 4,000 fr. devrait suffire au service de trois trains par jour. Il trouve dans le projet de loi une lacune quant à la définition de l'intérêt local, qu'il serait utile de combler pour éviter des conflits, comme cela s'est produit dans des exemples récents.

M. Morandière observe combien cette définition serait difficile à établir. La loi permet au Conseil général de proposer tous chemins de fer; le Conseil d'État est seul compétent pour juger si le monopole des grandes lignes est atteint.

M. Desgrange cite les retards apportés à la construction de la seconde ligne de Givors à Saint-Étienne, que la compagnie de Lyon n'a entreprise que lorsqu'une autre compagnie s'est formée pour la faire à son défaut.

M. le Président observe que le contrat qui a donné des lignes productives à la compagnie de Lyon est une compensation équitable de la charge qu'elle a prise en en acceptant de moins bonnes, comme le Bourbonnais.

M. Desgrange répond que dans le cas qu'il cite l'intérêt général a eu à souffrir du monopole de la grande compagnie, qui empêchait la création d'une autre ligne, bien que ne pouvant elle-même suffire au trafic.

M. le Président observe que la loi permet contre les compagnies dans ce cas un recours par les actions qu'on peut intenter lorsque les délais de livraison ne sont pas observés.

M. Desgrange dit qu'en effet 179 procès de ce genre ont été en un an intentés à la compagnie dont il s'agit.

Le Président clôt la discussion et s'exprime à peu près en ces termes :

M. Vuillemin a bien voulu me céder aujourd'hui le fauteuil, pour que je puisse exprimer moi-même à la Société le regret que j'éprouve d'être obligé de me démettre de mes fonctions de vice-président. Le gouvernement autrichien m'a fait l'honneur de m'appeler à Vienne, au ministère du commerce cisleithan, en qualité de conseiller aulique, avec une mission analogue à celle de notre conseil général des ponts et chaussées, en ce qui concerne la construction et le contrôle des chemins de fer.

D'après le résultat des votes qui ont constitué votre bureau actuel, et eu égard aux habitudes de la Société, j'étais fondé à espérer que l'année prochaine vous m'appelleriez à l'honneur de la présidence titulaire. Cette perspective s'évanouit aujourd'hui ! Permettez-moi, en revanche, de recommander ici à votre attention deux points sur lesquels, comme président, j'aurais cherché à appeler des réformes.

Le premier concerne le mode de collation de la médaille annuelle, décernée au meilleur mémoire présenté à la Société. Encore tout à l'heure nous étions réunis, président et vice-présidents, pour statuer conformément au règlement sur la préférence à donner à l'un des quatre mémoires proposés par chacune des quatre sections, divisées, comme vous savez, selon les spécialités : constructions, métallurgie, etc. Figurez-vous que dans un concours régional on commence par désigner le plus beau cheval, la plus belle vache, le plus beau mouton, et que l'on charge ensuite une commission de décider à laquelle des races chevaline, bovine, ovine, etc., il y ait lieu de décerner le *prix unique*, et vous aurez une idée de l'embarras annuel où tombent forcément vos juges administratifs. Évidemment, l'actualité, l'intérêt que chaque mémoire excite parmi la masse des membres de la Société doit peser dans la balance, aussi bien que sa valeur intrinsèque; et pour tenir compte de cet élément important, il n'y a qu'un moyen : c'est de recourir au *suffrage universel* de tous les membres. La Société n'a, sous ce rapport, qu'à s'inspirer de l'exemple donné

depuis longtemps par le corps des ponts et chaussées. Les mémoires insérés dans les Annales de ce corps ne sont pas couronnés par le conseil général des ponts et chaussées, mais par le suffrage de tous les ingénieurs, dont le conseil général ne fait que dépouiller les votes. En suivant cet exemple, la Société aurait d'ailleurs une occasion d'associer ses membres de la province à l'un des actes de sa vie, ce qui serait à la fois salutaire et facile, si au lieu de juger les mémoires *présentés* dans l'année, on ne couronnait à l'avenir que les mémoires déjà *imprimés* dans le Bulletin. On a objecté que cette démocratisation du prix en abaisserait probablement la valeur intellectuelle et morale. Je ne puis admettre cette objection, et verrais d'ailleurs un moyen infaillible d'y parer : ce serait d'être de plus en plus sévère dans l'admission des nouveaux membres, sous le double rapport de l'instruction et de l'honorabilité.

Le second point que j'ai sur le cœur est assez délicat : il touche aux rapports entre notre Société et le corps impérial des ponts et chaussées. Ce qui m'encourage ici à l'aborder avec ma franchise habituelle, c'est qu'étant souvent considéré et traité comme l'enfant adoptif du corps précité, sans cependant lui appartenir, je me crois placé dans une position intermédiaire, moins accessible à la partialité réelle ou supposée. Eh bien! à tort ou à raison, j'ai parfois entendu reprocher au corps des ponts et chaussées un certain esprit d'exclusivisme. Mais ce que je n'aurais pas cru possible, c'est qu'il se trouvât dans notre Société des membres voulant rivaliser avec lui ou le dépasser en intolérance. C'est cependant ce qui paraît avoir lieu! Des ingénieurs des ponts et chaussées ayant naguère manifesté le désir d'être reçus membres de notre Société, et ayant voulu pressentir l'accueil que trouverait leur demande, nous avons vu se produire, au sein de notre Comité, des appréhensions et des ombrages qui, pour le moment, ont tout arrêté. En signalant le fait à l'attention de tous nos collègues, j'ai le ferme espoir que l'opinion libérale ne tardera pas à se faire jour, et à s'imposer avec assez de force pour décourager toute opposition. N'est-il pas manifeste que l'accession des ingénieurs des ponts et chaussées, des ingénieurs des mines et de la marine, donnerait à notre Société une importance nouvelle, et qui ne pourrait que tourner au bien de tout le monde. Il se produirait là, infailliblement, ce qui s'est produit entre les différents peuples, quand les chemins de fer les eurent mis en contact, c'est-à-dire qu'on s'apercevrait bien vite que chacun a ses qualités et ses défauts, et que chacun gagne à mieux connaître son prochain et soi-même. Laissez-moi donc espérer, Messieurs, que mon départ, loin de retarder un rapprochement si désirable et si heureux, ne fera que le précipiter.

En prenant congé de vous, je tiens d'ailleurs à vous déclarer : qu'en partant pour l'Autriche, je n'entends pas faire des adieux à ma nouvelle patrie, la France. On ne rompt pas ainsi des liens d'estime, d'amitié et de parenté, que trente années de séjour ont formés et consolidés. Un décret de S. M. Napoléon III, du 25 avril dernier, me réserve expressément les droits de la nationalité française, malgré mon acceptation de fonctions publiques à l'étranger. Tout concourt donc pour ménager mon retour au milieu de vous, ne fût-ce qu'au bout de ma carrière active, et mon vœu le plus cher en vous quittant, c'est que vous me conférier alors l'honneur que vous sembliez me destiner dès l'année prochaine.

MM. Bauquel, Diétz, Grouvelle, Jamin, Mehrmann, Rasquin et Salomon ont été reçus membres sociétaires, et M. Dehaynin, membre associé.

Séance du 17 Juin 1870.

Présidence de M. VUILLEMIN.

M. LE PRÉSIDENT donne communication d'une lettre de M. de Laborie, membre de la Société, au sujet du procès-verbal de la dernière séance. M. de Laborie fait remarquer que dans la rédaction de ce procès-verbal se trouve la phrase suivante : « Ce serait d'être de plus en plus sévère dans l'admission des nouveaux membres, sous le rapport de l'instruction et de l'honorabilité, » qui n'aurait pas été prononcée dans l'allocution qui a été adressée à la Société par M. Nordling.

Une discussion s'établit à ce sujet, et plusieurs membres présents à la dernière séance affirment que les paroles ci-dessus n'ont pas été prononcées.

M. LE PRÉSIDENT dit que, dans ce cas, elles n'auraient pas dû figurer au procès-verbal et annonce qu'il en référera à M. Nordling.

M. MALDANT dit qu'il a écouté avec grande attention les paroles d'adieu qui ont été prononcées par M. Nordling, à la dernière séance : or, non-seulement il n'y a remarqué aucune expression blessante, mais il constate qu'au contraire ces paroles ont paru approuvées unanimement par l'assemblée, et qu'elles ont reçu ses applaudissements.

Le procès-verbal de la séance du 3 juin est adopté.

Conformément à l'article 17 des Statuts, M. LOUSTAU, trésorier, donne communication de l'exposé de la situation financière de la Société.

Il indique que le nombre des Sociétaires, qui était, au 17 décembre 1870, de.....	994
s'est augmenté, par suite de nouvelles admissions, de.....	50
	1044
A déduire, par suite de décès, pendant ce semestre.....	11
Nombre total des Sociétaires au 17 juin 1870.....	1033

Les recettes effectuées pendant le 1er trimestre de 1870 se sont élevées à :

	fr.	c.	fr.	c.
1° Pour le service courant, cotisations, amendes, etc..	14,889	50		
2° Pour l'augmentation du fonds social inaliénable....	9,200	00	38,789	50
3° Vente d'obligations au même fonds.....	14,700	00		
Il reste à recouvrer en exonérations, droits d'admission, cotisations, amendes, etc.....			25,972	00
Total de ce qui était dû à la Société.....			64,761	50

Au 17 décembre 1869, le solde en caisse était de.....	31,557 27	70,346 77
Les recettes effectuées pendant le premier semestre de 1870 se sont élevées à.....	38,789 50	

Les sorties de caisse du semestre se sont élevées à :

1° Pour dépenses diverses, impressions, appointements, affranchissements, etc., etc.....	11,041 60	53,220 02
2° Achat de 75 obligations.....	25,466 20	
3° Payé sur le terrain à valoir.....	16,712 22	
Il reste en caisse à ce jour.....		17,126 75
dont..... 11,261 21 pour le service courant,		
et..... 5,865 54 pour le fonds social.		
Somme égale... 17,126 75		17,126 75

La Société possède en outre : 1° *en portefeuille, sur son fonds social inaliénable*, 350 *obligations de chemins de fer, ayant coûté*..... 106,751 75
(Ce qui les ramène au prix moyen de 305 00.)
2° Un terrain de 198m.35 sur lequel elle a déjà payé..... 46,116 71
Total..... 152,868 46

M. LE PRÉSIDENT annonce que la construction de l'hôtel de la Société est en bonne voie d'exécution, et que la Société pourra s'y installer dès le commencement de l'année prochaine.

Les ressources financières permettent de faire face à toutes les dépenses pendant l'exercice courant; il ne sera donc nécessaire de recourir à un emprunt, du reste assez restreint, que pour les payements à effectuer en 1871.

M. LE PRÉSIDENT met aux voix l'approbation des comptes du trésorier; ces comptes sont approuvés.

M. LE PRÉSIDENT adresse au nom de la Société des remercîments à M. Loustau pour sa bonne gestion et son dévouement aux intérêts de la Société.

L'ordre du jour appelle la remise de la médaille d'or à l'auteur du meilleur mémoire inédit déposé à la Société pendant l'année 1869.

M. LE PRÉSIDENT rend compte du résultat de l'examen des mémoires présentés dans le courant de l'année. Ces mémoires ont été examinés par le comité divisé en quatre sections; plusieurs d'entre eux ont été renvoyés à l'appréciation d'une commission composée du président et des quatre vice-présidents. Cette commission s'est trouvée en présence de quatre mémoires très-remarquables :

Première section. Note de M. Leygue sur les surcharges à considérer dans les calculs des tabliers métalliques.

Deuxième section. Note de M. Desmousseaux de Givré sur les solides isotropes et sur les treillis isotropes, application au calcul des ponts et charpentes.

Troisième section. Note de M. Jordan sur la fabrication de l'acier fondu par affinage de la fonte avec chauffage par combustion intermoléculaire.

Quatrième section. Note de M. Grand sur les huiles de pétrole.

Tout en décidant que la médaille d'or serait décernée, cette année, à M. Jordan, pour son mémoire sur la fabrication de l'acier fondu par affinage de la fonte avec chauffage par combustion intermoléculaire, la commission propose qu'il soit fait une mention très-honorable pour les trois autres mémoires.

Il est ensuite donné lecture d'une Note de M. Félix Tourneux, décrivant un système de bec de gaz inventé par M. Rollin.

Dans ce système, le gaz arrivant par le conduit ordinaire se trouve, avant de parvenir à l'orifice de combustion, intercepté par une paroi métallique d'une certaine épaisseur, percée de deux petits trous. Ces trous cylindriques sont à parois inclinées et convergentes, ils divisent ainsi le gaz en deux courants également convergents qui viennent se briser l'un contre l'autre. Il résulte de ce phénomène un état de calme relatif dans le gaz, qui parvient au bec en brûlant tout le carbone et donnant une lumière fixe, blanche et exempte de fumée.

M. LE PRÉSIDENT donne la parole à M. Guébhard, pour sa communication sur les sociétés coopératives et de consommation.

M. GUÉBHARD dit que, l'honorable Président de la Société ayant pensé qu'une communication sur les sociétés coopératives intéresserait la plupart de ses membres, il s'est chargé avec plaisir de traiter un sujet dont il s'occupe depuis longtemps. Il croit que l'étude des questions qui s'y rattachent peut conduire à la vraie solution des questions sociales ayant rapport aux ouvriers et aux employés, dont le salaire souvent ne dépasse pas celui des ouvriers.

Sans entrer dans la discussion des nombreuses grèves que nous traversons depuis quelque temps, il résulte, pour ceux qui examinent les différentes classes d'ouvriers, que la position de ces derniers a besoin d'être améliorée. Dans les grands centres, le salaire d'un ouvrier rangé et économe ne peut lui suffire pour vivre.

M. GUÉBHARD expose que les ouvriers ne peuvent espérer, dans la plupart des cas, une augmentation de salaire, que les marchands, de leur côté, ne peuvent sensiblement diminuer leurs prix, et que pour faire disparaître la gêne de l'ouvrier il n'y a que l'association.

Le but des associations de consommation est défini ainsi en tête de leurs statuts : *procurer à chacun de ses membres toutes les denrées et marchandises de consommation usuelle, aux meilleures conditions de qualité et de bon marché.*

Un assez grand nombre d'associations de ce genre s'est formé depuis quelques années. Les ouvriers des chemins de fer de l'Est en ont créé à La Villette, Metz, Nancy, Charleville, Strasbourg, Mulhouse, Chaumont et Troyes. M. Guébhard remet sur le bureau des exemplaires des statuts de ces différentes sociétés et il passe en revue leur organisation et leur fonctionnement. L'économie pour les consommateurs est d'environ 20 à 30 p. °/₀.

La compagnie des chemins de fer de l'Est n'entre que d'une manière officieuse dans l'administration des sociétés coopératives de consommation, elle les encourage par des dons en argent et, lorsque cela lui est possible, en leur cédant des locaux pour s'installer.

Au chemin de fer d'Orléans, il n'existe pas de sociétés coopératives de consommation ; mais la compagnie, depuis 1855, a fondé des magasins de denrées, de boucherie, boulangerie, de vêtements, etc., à Ivry, Orléans, Tours, Périgueux et Bordeaux. En 1857 la compagnie créa aussi un réfectoire. Les résultats obtenus par ces établissements sont au moins aussi satisfaisants que ceux des sociétés coopératives; il y a

donc lieu d'être étonné de ne pas voir des institutions semblables se multiplier. En Angleterre et en Allemagne elles sont déjà nombreuses, et chacun doit chercher en France à en faire naître dans les centres industriels. L'ouvrier manque de renseignements, il faut lui faire comprendre les nombreux plans d'association dont il peut profiter : c'est ce qui a été fait en Angleterre.

D'utiles leçons résultant de l'étude des sociétés anglaises, M. Guébhard donne l'organisation et les commencements de quelques-unes d'entre elles, et de celle de Rochdale en particulier. Cette dernière, qui a commencé il y a une vingtaine d'années avec une couple de cents francs, réalise aujourd'hui près d'un million de bénéfices par an, tout en donnant de grands avantages de consommation à ses membres.

En Angleterre, comme partout ailleurs, les sociétés de consommation démontrent qu'elles améliorent sensiblement la vie de l'ouvrier et qu'elles ont un effet moral d'une très-grande portée. Ce sont elles qui ont permis à une grande partie de la classe ouvrière de la Grande-Bretagne de supporter les chômages résultant des nombreuses crises industrielles que nous avons traversées depuis vingt ans.

Qui plus est, pour améliorer son sort, l'ouvrier songeant à s'associer pour travailler et produire, c'est encore l'association de consommation qui vient lui permettre de le faire : elle procure à ses membres le capital qui engendre le crédit; or, en dehors du travail, il faut crédit et capital pour produire.

En Angleterre et en Allemagne, il existe aujourd'hui de nombreuses associations ouvrières de travail et de crédit. A Paris, on compte aussi quelques associations ouvrières de production. Le nom de ces associations explique leur but : il n'y a pas à nier leur possibilité et leurs avantages. Les causes qui ont fait échouer celles créées en France de 1848 à 1850 sont connues. M. Guébhard regrette que l'heure ne lui permette pas d'entrer dans quelques détails sur cette dernière partie de son sujet, et sur la demande de quelques membres de la Société et de son Président, il se promet d'y revenir dans une des prochaines séances.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. Guébhard de son intéressante communication et dit qu'elle sera publiée *in extenso* dans le Bulletin trimestriel.

M. MALDANT dit que l'importance de la question traitée par M. Guébhard lui fait regretter que son Étude ne comprenne pas les sociétés coopératives *de production*.

Il croit qu'en général la réussite a couronné les efforts des sociétés de *consommation;* tandis qu'au contraire le succès est la très-rare exception dans les sociétés de production. Ces résultats différents ne le surprennent pas; mais il croit que l'étude des causes diverses qui les produisent ajouterait un grand intérêt à la communication intéressante de M. Guébhard.

M. GUÉBHARD répond que, sur 128 sociétés coopératives de production fondées en France, quatre seulement subsistent. En Angleterre ces associations, au contraire, sont en voie de prospérité.

UN MEMBRE cite l'association des mégissiers, comptant 22 membres, qui font travailler actuellement plus de 100 ouvriers.

M. LE PRÉSIDENT demande si quelqu'un des membres présents peut fournir à la Société des renseignements sur l'excursion faite à Gennevilliers sur les travaux d'utilisation des eaux d'égouts.

M. MALDANT dit que l'accueil qu'un grand nombre de membres de la Société a fait

à l'appel de M. Durand-Claye, témoigne hautement de l'intérêt que l'honorable ingénieur a su attirer sur la question de l'*utilisation des eaux d'égouts*, dont il nous a récemment entretenus.

Avant 9 heures du matin, les invités étaient réunis à la station d'Asnières, et ils se rendaient immédiatement, sous la conduite de M. Durand-Claye, au débouché en Seine du *grand collecteur*, dans lequel ils pénétraient.

Après s'être rendu à peu près compte du volume et de la nature des eaux, et de la prise qui sert aux expériences de la plaine de Gennevilliers : c'est-à-dire de l'arrivée totale d'une rivière boueuse débitant environ 200,000 mètres cubes par 24 heures, et d'une prise d'environ 6 à 7,000 mètres cubes, soit environ $\frac{1}{30}$ du collecteur, les visiteurs se rendirent à l'atelier des machines et pompes.

Dans cet atelier, deux pompes centrifuges, mues par deux locomobiles, et paraissant très-bien fonctionner, aspirent l'eau d'égout dans un espace grillé, ménagé dans le collecteur; elles la refoulent, par une conduite souterraine, jusqu'à un bassin supérieur, duquel partent divers conduits de distribution.

L'eau arrivant dans le bassin distributeur paraît tout à fait analogue à celle que le collecteur déverse directement dans la Seine; ce qui indique que toutes les impuretés franchissent librement les pompes et les tuyaux.

A partir du bassin commencent les distributions d'eau, en conduites et rigoles découvertes, dans un champ assez étendu, plus spécialement consacré à la *culture maraîchère*.

Par les temps exceptionnellement *secs* que nous venons de traverser, les bienfaits d'une irrigation devaient être manifestes : aussi ne pouvions-nous pas être surpris de la beauté des cultures dans les champs arrosés, comparée à la triste végétation des terrains voisins; cependant, en examinant la vigueur remarquable de la végétation dans les terrains d'essai, il est impossible de méconnaître la présence, dans les eaux d'égouts, d'une grande puissance fertilisante.

L'expérience de la plaine de Gennevilliers, pour être complète, a prévu le cas où, l'agriculteur n'ayant pas à utiliser les eaux, il y aurait à les rendre *clarifiées* à la Seine; et, dans ce but, les eaux en excès arrivent dans un grand bassin, où l'épuration se fait au moyen d'une certaine addition de *sulfate d'alumine* qui précipite le dépôt solide.

Cette application véritablement curieuse, sur une échelle déjà importante, semble à M. Maldant être surtout une *expérience* intéressante; mais il croit que, si le projet de MM. Mille et Durand-Claye reçoit une exécution complète, on renoncera, dans la pratique, au procédé de clarification.

M. Maldant fait observer que, surtout avec la perméabilité remarquable de la plaine, la totalité des eaux pourra être facilement absorbée dans les temps secs; et que, dans l'hiver ou pendant la saison pluvieuse, l'abondance des eaux naturelles, dans la Seine est tellement considérable, qu'elle enlève alors tout inconvénient grave à l'arrivée des eaux d'égouts.

L'importance des dépôts vaseux dans les rigoles d'écoulement et d'arrosage ne paraît pas à M. Maldant, à la suite de sa visite, aussi grave qu'il l'avait craint d'abord : ces dépôts sont réguliers; ils peuvent s'enlever de temps en temps et s'étendre sur les terrains voisins. Cependant M. Maldant croit que la culture maraîchère, qui comporte beaucoup plus de main-d'œuvre et de surveillance que celle des

fourrages, doit être *préférée* aux autres cultures, dans les terrains recevant les eaux d'égouts.

Enfin, au point de vue de la salubrité, il fallait se préoccuper aussi des *émanations* qui pouvaient se produire; et, sous ce rapport, le moment de la visite était exceptionnellement choisi, l'élévation de la température aidant au développement des parties volatiles.

Sous ce rapport encore, M. Maldant reconnaît que ses inquiétudes ont été fortement atténuées en parcourant les terrains irrigués; l'odeur lui a paru peu pénétrante et facilement supportable : il en était bien autrement en passant près des champs ayant reçu d'autres engrais.

En résumé, M. Maldant s'estime heureux d'avoir fait cette visite, qui n'a pas été sans influence sur ses idées générales au sujet de l'utilisation des eaux d'égouts pour l'agriculture. Il croit que les expériences faites jusqu'à ce jour, et qui ont été décrites en détail par M. Durand-Claye, ont été bien conçues et bien conduites. Il lui semble que l'excessive perméabilité du sous-sol de la plaine de Gennevilliers ne peut laisser de crainte sous le rapport de la facile absorption des 200,000 mètres cubes amenés par le grand collecteur d'Asnières; il lui semble aussi que l'excès non utilisé pendant les grandes pluies, retournera alors sans inconvénient au fleuve; enfin, il croit que les garanties qui résultent de la manière dont les premiers travaux ont été exécutés, sont de nature à donner confiance dans le succès final de l'opération d'ensemble projetée.

M. Durand-Claye, en remerciant M. Maldant de sa bienveillante appréciation, demande à ce que les noms de MM. Mille et Le Chatelier soient associés à ce qui a été dit à la Société sur les travaux qu'il a faits sous leur direction.

Les bassins ont déjà reçu et restitué, après les avoir épurés, plus d'un million de mètres cubes d'eau; ce n'est donc pas, comme semble le croire M. Maldant, une opération de laboratoire.

M. le Président annonce que dans la prochaine séance, qui aura lieu le 1er juillet, il sera procédé au vote sur la nomination d'un vice-président, en remplacement de M. Nordling, et de deux membres du comité en remplacement de M. Goschler, et de celui des membres du comité qui sera nommé vice-président.

CHEMINS DE FER D'INTÉRÊT LOCAL

OBSERVATIONS

SUR LA LOI DU 12 JUILLET 1865

Et sur un Projet de modification de cette loi

PAR M. JULES MORANDIÈRE.

SOMMAIRE.

But de cette note.

Première partie. — Examen d'un projet de modification de la loi de 1865.

CHAPITRE Ier. — Exposé des motifs et texte du projet de loi. (Loi du 12 juillet 1865.)

CHAPITRE II. — Considérations sur le projet de loi.

CHAPITRE III. — Propositions d'amendements au projet de loi.

Deuxième partie. — Réponse à certaines critiques relatives à l'augmentation du concours de l'État dans la construction des chemins d'intérêt local.

§ I. Faiblesse des ressources des départements, des communes et des intéressés.

§ II. La plupart des lignes dernièrement exécutées et projetées font juste leurs frais d'exploitation.

§ III. Nécessité d'augmenter le concours de l'État, c'est-à-dire du Trésor. Cela ne détruit pas l'initiative privée, et par suite le but de décentralisation est rempli.

§ IV. L'État banquier des chemins de fer d'intérêt local : chemin de Colmar-Munster.

§ V. Le système coopératif appliqué aux chemins de fer.

§ VI. Lutte entre les demandes de chemins d'intérêt général et de chemins d'intérêt local.

§ VII. Danger de l'extension des études dites d'intérêt général. La loi de 1865 permettait de reconnaître les chemins utiles aux populations.

§ VIII. Mesures qui empêchent tout danger d'une mauvaise application de la loi de 1865.

§ IX. Résumé.

ANNEXES.

I. Question d'économie politique, détermination de la limite à partir de laquelle il ne faut plus favoriser la création d'un chemin de fer.

II. Chemin de fer de Mutzig à Schirmeck.

III. Circulaire du Crédit foncier.

IV. Statuts de la Cie de Mamers à Saint-Calais.

V. Questions d'exploitations.

VI. Chemin de Clermont à Tulle.

VII. Définition du chemin de fer d'intérêt local.

I. BUT DE CETTE NOTE.

Dans la séance du Corps législatif du 23 mars 1870, vingt-trois députés ont déposé un projet de loi révisant et améliorant la loi du 12 juillet 1865 sur les chemins de fer d'intérêt local.

Plusieurs des membres de la Société des ingénieurs civils ont eu l'occasion de mettre cette loi en pratique, et une discussion sur ce sujet peut donc provoquer d'utiles observations qui, transmises aux signataires de la proposition, viendront s'ajouter à leurs arguments ou même leur suggéreront de nouvelles améliorations à introduire; la Société des ingénieurs civils contribuera de la sorte à faire prendre en sérieuse considération un projet avantageux pour le développement des lignes départementales.

Nous donnons, dans un premier chapitre, le texte du projet et de son exposé des motifs distribué aux membres du Corps législatif, en rapprochant de la loi proposée le texte de la loi aujourd'hui en vigueur, et nous le faisons suivre de quelques réflexions.

Nous croyons aussi que, si la loi de 1865 n'a pas eu jusqu'à ce jour tout l'effet qu'on en espérait, c'est que l'instruction des préfectures et conseils généraux appelés à l'appliquer n'était pas encore faite. Bien des hésitations, bien des tâtonnements se produisent encore. Nous croyons que, sans porter aucune atteinte à l'esprit décentralisateur de la loi de 1865, on donnerait, au contraire, à l'esprit d'initiative local les moyens d'aboutir, si on le mettait à même de se procurer, à une source certaine, les éclaircissements nécessaires et l'appui voulu pour les démarches administratives. L'un de ces moyens serait la création, au ministère de l'intérieur, d'*une division spéciale des chemins de fer d'intérêt local*, pourvue d'un personnel bien au courant de la question. Cette sorte de direction générale des chemins de fer d'intérêt local n'interviendrait en aucune façon pendant la période d'élaboration dans les départements, et ne donnerait de renseignements que lorsqu'elle serait interrogée. Mais une fois l'œuvre du conseil général terminée, elle suivrait et activerait la partie administrative.

PREMIÈRE PARTIE.

Examen de la loi modifiée.

CHAPITRE PREMIER.

EXPOSÉ DES MOTIFS. — TEXTE DU PROJET DE LOI. — LOI DE 1865.

PROPOSITION DE LOI

Ayant pour objet des modifications à introduire dans la loi du 12 juillet 1865, concernant les chemins de fer d'intérêt local.

PRÉSENTÉE

Par MM. Houssard, Ed. Dalloz, le Comte Le Hon, le Comte d'Ayguesvives, Horace de Choiseul, Prax-Paris, Nogent-Saint-Laurens, André (Charente), le Baron Eschassériaux, le Comte Durfort de Civrac, A. Tachard, le Comte Joachim Murat, Dame Wilson, Grollier, Vieillard-Migeon, Genton, le Comte de la Poeze, de Bouteiller, Laroche Joubert, Lefébure, Granier de Cassagnac, Millon, le Baron de Veauce, députés au Corps législatif.

Lorsque l'on interroge les nécessités de notre société moderne, et que l'on rapproche ses exigences des limites dans lesquelles le budget de l'État peut leur donner satisfaction, il demeure évident que ce n'est pas par l'économie seulement, mais surtout par l'accroissement de la richesse publique, que l'on parviendra à réunir l'ensemble des ressources réclamées par la situation.

Parmi les moyens d'accroître cette richesse, se place au premier rang le développement de plus en plus rapide des travaux productifs, et en particulier la prompte création de notre réseau de chemins de fer d'intérêt local.

L'opinion est unanime pour reconnaître la nécessité de ces travaux et pour solliciter de l'État un concours proportionné à la grandeur du but à atteindre.

Encourager d'une manière plus puissante l'initiative individuelle ;

Aider à la création de nouveaux groupes d'intérêts dans les départe-

ments et les communes, afin d'associer plus intimement les populations à la réussite d'œuvres entreprises par elles et pour elles;

Alléger ainsi la situation financière déjà trop engagée du gouvernement central, dont l'action directe doit être réservée à l'achèvement des grands travaux d'intérêt général, ce sera faire passer dans les actes la décentralisation théorique dont on nous entretient chaque jour, et ouvrir l'ère de la décentralisation réelle.

La loi du 12 juillet 1865, relative à l'exécution des chemins de fer d'intérêt local, faisait appel à l'initiative départementale; elle l'invitait à s'affirmer et à faire connaître ce qu'elle pourrait produire.

Pourquoi cette loi, sur laquelle se fondaient tant d'espérances, n'a-t-elle donné que des résultats si insignifiants, soit environ 1,500 kilomètres en cinq années?

C'est évidemment parce que l'initiative départementale et communale a refusé de répondre à la mise en demeure qui lui était adressée.

Cette hésitation se comprend, du reste, en présence des nombreuses études faites par l'État pour des lignes d'un intérêt plutôt départemental que général, et que, selon toute probabilité, l'État ne pourra de longtemps exécuter avec ses seules ressources.

Trompées par ces apparences d'une extension indéfinie des réseaux d'intérêt général, les populations aiment mieux attendre de l'État seul une exécution même tardive, plutôt que de donner au département leur concours immédiat.

Il est donc indispensable de faire cesser cette illusion, et, lorsqu'il deviendra bien évident que l'État ne peut seul suffire à cette immense tâche, l'initiative à laquelle faisait appel la loi de 1865 retrouvera toute son énergie sous la pression de la nécessité.

Dès lors, et pour provoquer efficacement cette initiative, le devoir du gouvernement est d'accroître dans une large mesure le chiffre de la subvention trop insuffisante attribuée, jusqu'à ce jour, à un réseau à peine commencé, afin de donner une impulsion sérieuse à son exécution.

La loi de 1865 devra, en outre, subir plusieurs modifications pour atteindre le but que nous poursuivons.

Plusieurs des modifications proposées ont rapport à la simplification des formalités administratives.

L'art. 2 du projet demande la substitution du jury institué pour les chemins vicinaux, par la loi du 21 mars 1836, au jury établi par la loi du 31 mai 1841 sur l'expropriation.

Ce dernier ne serait plus appelé à fonctionner qu'à titre de jury d'appel.

L'ancien art. 4 assujettissait les chemins de fer d'intérêt local aux dispositions de la loi du 15 juillet 1845 sur la police des chemins de fer, et ne les dispensait, que par autorisation spéciale, de clôtures et de bar-

rières; le nouvel art. 4 dispense, en règle générale, les chemins de fer de clôtures ou de barrières, et ne les soumet que partiellement à ces obligations après avis du conseil général.

Cette extension de franchises indique l'esprit dans lequel devront être rédigés les cahiers de charge de concessions et les arrêtés préfectoraux spéciaux à l'exploitation, c'est-à-dire qu'ils ne devront emprunter à l'ordonnance du 15 novembre 1846 que les dispositions indispensables pour garantir la sécurité des voyageurs.

Les autres modifications proposées par le projet se rapportent aux dispositions financières de la loi de 1865.

D'après l'art. 5 de la nouvelle loi, les départements dont le centime est inférieur à 20,000 fr. recevront une subvention égale aux deux tiers de la dépense, au lieu de la subvention de moitié qu'ils recevaient précédemment.

Les départements dont le centime est supérieur à 20,000 fr. et inférieur à 40,000 fr. recevront une subvention égale à la moitié au lieu du tiers.

Enfin, les départements dont le centime excède 40,000 fr. recevront une subvention du tiers au lieu du quart.

En résumé, les subventions de l'État se trouvent augmentées pour tous les départements sans que les catégories établies par la loi de 1865 aient été en rien modifiées.

De plus, ces subventions, aux termes du § 1er de l'art. 5, cessent d'être facultatives; elles devront être accordées à tous les chemins de fer d'intérêt local jusqu'à concurrence de la somme affectée annuellement à ces subventions par la nouvelle loi.

Ce même article contient une disposition nouvelle qui fixe un maximum kilométrique sur lequel serait basée la subvention de l'État.

Ce chiffre, calculé à 120,000 fr. par kilomètre, a pour but de ne point encourager des dépenses excessives de la part des départements, ou du moins de limiter la part du concours de l'État.

Néanmoins, et comme correctif à cette disposition, on ajoute que des subventions pour des travaux extraordinaires pourront encore être accordées, mais avec l'approbation du Corps législatif.

L'art. 6 du projet élève de 6 millions à 25 millions le montant maximum de la subvention de l'État en faveur des chemins de fer d'intérêt local.

En admettant une moyenne de 180 kilomètres de chemins par département, et 40,000 fr. comme moyenne de la subvention kilométrique de l'État, et en multipliant le produit de ces chiffres par 80, afin de tenir compte de ce qui a pu déjà être exécuté dans quelques départements, la subvention probable de l'État se chiffrerait par 560 millions, la durée des travaux étant de vingt-deux ans.

Le nouvel art. 7 a pour objet de dispenser les chemins de fer d'intérêt local, bien que recevant une subvention du Trésor, de tout service gratuit envers l'État avant que le produit net de leur exploitation ne dépasse 6 p. 100.

En effet, si l'on veut assurer la prompte exécution de ces chemins dans les nombreuses parties de notre territoire où le produit kilométrique serait insuffisant pour rémunérer une grande ligne, il faut non-seulement que leur exécution soit plus économique, mais aussi que leur exploitation soit dispensée de toute charge extraordinaire.

Nous n'admettons d'exception à cette règle qu'en faveur des militaires en activité.

Le nouvel art. 8 indique les sources auxquelles sera puisé le crédit nécessaire à la dotation constante et régulière des chemins de fer d'intérêt local.

Les excédants de recettes, les économies réalisées ou à réaliser sur les grands travaux publics en cours d'exécution seront par préférence affectés à cette dotation, et le complément sera fourni par le budget extraordinaire.

Assurer ainsi cette dotation, c'est indiquer pour ces travaux une priorité résultant de leur caractère d'urgence et de la haute pensée politique qui nous inspire.

Enfin, l'art. 9, entrant plus avant dans cette pensée de décentralisation effective, qui aujourd'hui préoccupe tout le pays, constitue une propriété collective départementale et communale.

Il est évident que la perspective de trouver dans l'avenir une compensation à leurs sacrifices, et d'acquérir dans un délai déterminé une propriété importante, encouragera puissamment les communes à prendre une part active dans une œuvre dont la réalisation doit transformer la face du pays.

Il est légitime d'ailleurs de répartir les avantages au prorata des sacrifices, et de ne pas laisser les départements profiter seuls des travaux exécutés avec le concours des communes.

Dorénavant, les départements et les communes seront propriétaires des lignes d'intérêt local dans la proportion de leurs dépenses; toutefois, le département conservera seul l'administration de la propriété commune.

Cette disposition, si profitable aux communes, déterminera de leur part un nouvel élan d'initiative et de sacrifices.

A l'aurore du nouveau régime que nous inaugurons dans l'ordre politique, la loi du 12 juillet 1865, modifiée et complétée comme nous vous proposons de le faire dans un véritable esprit de décentralisation, réalisera un immense progrès économique.

ARTICLE PREMIER. (*Sans changements*'.)

Les chemins de fer d'intérêt local peuvent être établis :

1° Par les départements ou les communes, avec ou sans le concours des propriétaires intéressés ;

2° Par des concessionnaires, avec le concours des départements ou des communes.

Ils sont soumis aux dispositions suivantes :

---

1. *Loi du 12 juillet 1865.*

Art. 1er. Les chemins de fer d'intérêt local peuvent être établis :

1° Par les départements ou les communes, avec ou sans le concours des propriétaires intéressés ;

2° Par des concessionnaires, avec le concours des départements ou des communes.

Ils sont soumis aux dispositions suivantes :

Art. 2. Le Conseil général arrête, après instruction préalable par le préfet, la direction des chemins de fer d'intérêt local, le mode et les conditions de leur construction, ainsi que les traités et les dispositions nécessaires pour en assurer l'exploitation.

L'utilité publique est déclarée et l'exécution est autorisée par décret délibéré en Conseil d'État, sur le rapport des Ministres de l'intérieur et des travaux publics.

Le préfet approuve les projets définitifs, après avoir pris l'avis de l'ingénieur en chef, homologue les tarifs et contrôle l'exploitation.

Art. 3. Les ressources créées en vertu de la loi du 20 mai 1836 peuvent être affectées, en partie par les communes et les départements, à la dépense des chemins de fer d'intérêt local.

L'art. 13 de ladite loi est applicable aux centimes extraordinaires que les communes et les départements s'imposeront pour l'exécution de ces chemins.

Art. 4. Les chemins de fer d'intérêt local sont soumis aux dispositions de la loi du 15 juillet 1845 sur la police des chemins de fer, sauf les modifications ci-après.

Le préfet peut dispenser de poser des clôtures sur tout ou partie du chemin.

Il peut également dispenser d'établir des barrières au croisement des chemins peu fréquentés.

Art. 5. Des subventions peuvent être accordées sur les fonds du Trésor pour l'exécution des chemins de fer d'intérêt local. Le montant de ces subventions pourra s'élever jusqu'au tiers de la dépense que le traité d'exploitation à intervenir laissera à la charge des départements, des communes et des intéressés.

Il pourra être fixé à la moitié pour les départements dans lesquels le produit du centime additionnel au principal des quatre contributions directes est inférieur à vingt mille francs, et ne dépassera pas le quart pour ceux dans lesquels ce produit sera supérieur à quarante mille francs.

Art. 6. La somme affectée chaque année, sur les fonds du Trésor, au payement des subventions mentionnées en l'article précédent, ne pourra dépasser six millions.

Art. 7. Les chemins de fer d'intérêt local, qui reçoivent une subvention du Trésor, peuvent seuls être assujettis envers l'État à un service gratuit ou à une réduction du prix des places.

Art. 8. Les dispositions de l'art. 4 de la présente loi seront également applicables aux concessions de chemins de fer destinés à desservir des exploitations industrielles.

ART. 2.

Le conseil général arrête, après instruction préalable par le préfet, la direction des chemins de fer d'intérêt local, le mode et les conditions de leur construction, ainsi que les traités et les dispositions nécessaires pour en assurer l'exploitation.

L'utilité publique est déclarée et l'exécution est autorisée par décret délibéré en conseil d'État, sur le rapport des ministres de l'intérieur et des travaux publics.

Le préfet approuve les projets définitifs, après avoir pris l'avis de l'ingénieur en chef, homologue les tarifs et contrôle l'exploitation.

« Les indemnités dues pour cession de terrains occupés par une ligne d'intérêt local seront fixées par le jury d'expropriation institué par la loi du 21 mai 1836 sur les chemins vicinaux. »

Le jury établi par la loi du 3 mai 1841 ne serait appelé à fonctionner qu'à titre de jury d'appel et, dans ce cas, les frais qu'entraînerait cette réunion seraient supportés par celle des parties dont les demandes d'indemnité s'écarteraient le plus du chiffre fixé en appel.

ART. 3. (*Sans changements.*)

Les ressources créées en vertu de la loi du 21 mai 1836 peuvent être affectées en partie par les communes et les départements à la dépense des chemins de fer d'intérêt local.

L'art. 13 de ladite loi est applicable aux centimes extraordinaires que les communes et les départements s'imposeront pour l'exécution de ces chemins.

ART. 4.

Les chemins de fer d'intérêt local sont soumis aux dispositions de la loi du 15 juillet 1845 sur la police des chemins de fer; toutefois, par dérogation à l'art. 4 de cette loi et dans l'intérêt de l'agriculture, les compagnies seront dispensées de poser des clôtures le long des lignes et d'établir des barrières au croisement des routes ou chemins.

L'établissement partiel de clôtures ou de barrières aux passages les plus fréquentés pourra toujours être imposé aux compagnies par l'administration départementale, sur avis du Conseil général.

ART. 5.

Des subventions seront accordées sur les fonds du Trésor pour aider à l'exécution des chemins de fer d'intérêt local.

Le montant de ces subventions sera déterminé par le chiffre de la dé-

pense que le traité d'exploitation à intervenir laissera à la charge des départements, des communes et des intéressés.

La subvention sera des deux tiers de la dépense pour les départements dans lesquels le produit du centime additionnel au principal des quatre contributions est inférieur à vingt mille francs.

Elle *sera de la moitié de la dépense* pour le département dont le centime supérieur à vingt mille francs n'atteint pas quarante mille francs.

Elle sera *du tiers de la dépense* pour les départements dont le centime est d'un produit supérieur à quarante mille francs.

Le maximum de la dépense kilométrique sur laquelle ces subventions seront calculées sera de 120,000 francs.

Il pourra de plus être accordé des subventions extraordinaires pour l'exécution des grands travaux d'art, tels que ponts sur fleuves ou grandes rivières, viaducs, souterrains ou passages difficiles de montagnes. Ces subventions devront être soumises à l'approbation du Corps législatif.

ART. 6.

La somme affectée chaque année sur les fonds du Trésor au payement des subventions mentionnées dans l'article précédent sera de *vingt-cinq millions.*

ART. 7.

Les chemins de fer d'intérêt local, bien que recevant une subvention du Trésor, ne pourront être assujettis envers l'État à aucun service gratuit avant que le produit net de leur exploitation ne dépasse *six pour cent.*

Ils ne pourront subir de réduction sur les prix des places qu'en faveur des militaires en activité.

ART. 8.

Les excédants de recettes du budget, les économies réalisées ou à réaliser sur les subventions affectées à l'exécution des grands travaux publics, seront appliqués à la nouvelle dotation des chemins d'intérêt local, le surplus du crédit nécessaire serait inscrit au budget extraordinaire des travaux publics.

ART. 9.

Les départements et les communes seront propriétaires indivis des chemins de fer d'intérêt local, chacun d'eux dans la proportion du concours apporté à leur exécution.

Les communes participeront avec les départements, et dans la proportion de ce concours, à tous les avantages que les départements seront

seuls chargés de stipuler en faveur de la propriété indivise avec les compagnies concessionnaires.

ART. 10.

Les dispositions de l'art. 4 de la présente loi seront applicables aux concessions de chemins de fer destinés à desservir des exploitations industrielles.

CHAPITRE II.

CONSIDÉRATIONS SUR LE PROJET DE LOI.

Un député au Corps législatif, M. Dalloz, avait, dans la séance du 24 avril 1867, présenté, à propos de la discussion du budget extraordinaire, un amendement tendant à établir une dérogation à l'art. 5 de la loi du 12 juillet 1865 pour certaines circonstances spéciales. Par suite des explications données par le ministère des travaux publics, M. Dalloz avait retiré cet amendement qui constituait une modification détournée de la loi précitée des chemins de fer d'intérêt local.

Aujourd'hui, c'est une modification directe de cette loi qui est demandée par suite du droit d'initiative rendu à la Chambre, et parmi les signataires de la proposition se trouve le député chargé du rapport, fait au nom de la commission spéciale d'examen du premier projet de loi en 1865, M. le comte Léopold Le Hon. L'honorable député avait dit lui-même que le temps indiquerait les modifications à apporter.

Si l'on examine attentivement ce rapport, on y trouvera en germe toutes les modifications du projet de loi actuel. En effet, personne ne se faisait, à cette époque, d'illusion sur la faiblesse des ressources que la plupart des départements et des communes pouvaient consacrer à l'établissement des chemins de fer d'intérêt local, mais on comptait beaucoup sur l'initiative des particuliers intéressés à la construction du chemin.

« Le patriotisme local devra jouer un grand rôle dans les chemins de « fer que créeront ou concéderont les départements ou les communes. « Il est vrai que ce patriotisme est presque toujours très-ardent jusqu'au « moment où il doit se traduire par des faits. » (Rapport du comte Le Hon, page 22.)

L'expérience de cinq années a montré toute la vérité de la dernière phrase de cette citation, et de là est venu le projet de loi que nous nous proposons d'examiner.

L'exposé des motifs qui précède la loi est très-clair, et nous n'aurons

que peu de choses à y ajouter. Il est toutefois un point à l'examen duquel nous consacrerons toute notre deuxième partie, c'est la nécessité de l'augmentation de la part de l'État, parce qu'on a cru y voir un antagonisme entre l'effet moral de la loi et le but décentralisateur qu'elle se posait.

L'art. 1er reste sans changements.

Art. 2. L'instruction ministérielle pour l'exécution de la loi du 12 juillet 1865 commentant l'art. 2 dit :

« Vous remarquerez, monsieur le Préfet, qu'en ce qui concerne le règlement des indemnités d'expropriation, la loi nouvelle n'apporte « aucune modification à la législation générale. On devra donc procéder « conformément aux dispositions de la loi du 3 mai 1841. »

La loi prescrit la réunion de ce qu'on appelle le *grand jury*, par opposition *au petit jury* créé par la loi du 21 mai 1836 sur les chemins vicinaux.

L'emploi de ce jury garantit tout aussi efficacement que l'autre les intérêts des propriétaires, et les formalités et délais sont notablement simplifiés. Lors de la discussion de la loi de 1865, plusieurs amendements le demandaient, mais on n'avait pas assez scindé la question; et les deux systèmes en présence étaient, d'un côté l'application aux chemins d'intérêt local de la loi de 1836, qui attribue aux préfets le classement et la déclaration d'utilité publique, de l'autre l'application de la loi de 1841, aux termes de laquelle les grands travaux doivent être déclarés d'utilité publique par un décret délibéré en conseil d'État. La première forme était un peu sommaire, et c'est la seconde qui a triomphé, entraînant comme conséquence le grand jury.

Le rapport du comte Le Hon disait à ce sujet, page 18 : « La loi du « 21 mai 1836 renferme certaines dispositions dont il est bon de faire « profiter les chemins de fer d'intérêt local ; mais celles relatives au classement et à la déclaration d'utilité publique ne doivent être réservées « que pour les chemins vicinaux. » Et plus loin, dans le même rapport, on trouve, page 28, que la commission « ne repoussait pas un système « intermédiaire résultant de modifications à la loi de 1841 et à celle de « 1836. Seulement, ayant à étudier une loi spéciale, elle n'a pas cru devoir « sortir du sujet qui lui était soumis, ni s'attacher à des matières appartenant à un autre ordre d'idées et ayant un caractère particulier. »

Il est donc possible de revenir aujourd'hui sur ce point et d'appliquer le jury défini par la loi de 1836, comme le demande l'art. 2 modifié.

La disposition qui ferait fonctionner le jury de 1841 comme appel de l'autre est neuve, et mérite d'être prise en considération à cause de son originalité.

Tout au moins, si l'on n'admettait pas le petit jury, y aurait-il à décider que le magistrat directeur du jury prendra dorénavant part aux délibé-

rations, les présidera et dirigera. « On signale l'étrange[1] situation de celui « qui a le titre de directeur, et qui ne peut accompagner les jurés sur les « lieux, ni assister à leur délibération. »

L'art. 3, relatif à la possibilité de l'affectation des ressources de la vicinalité aux chemins de fer d'intérêt local, reste sans changement.

L'art. 4 subit une modification de rédaction qui a pour but de poser en principe, dans l'intérêt de l'agriculture, la suppression des clôtures et du gardiennage; d'après l'ancienne rédaction, cela pouvait être regardé comme une exception, et, par suite, les préfets pouvaient craindre de l'accorder. Les propriétés n'étant plus séparées entre elles par une clôture infranchissable, les indemnités de dépréciation devront être beaucoup moindres, sinon nulles.

L'art. 5 augmente la part de la contribution de l'État, et comme nous avons cru devoir consacrer presque entièrement la deuxième partie de ce travail à montrer la nécessité de cette augmentation, nous passerons outre en ce moment.

La fixation d'un maximum de 120,000 francs par kilomètre, sur lequel on calcule les subventions de l'État, a pour but de bien établir que le chemin est d'intérêt local. Toutefois, comme l'élévation de la dépense pour certains chemins qui ne sont évidemment pas d'intérêt général peut provenir de la difficulté du pays ou de la traversée d'un grand fleuve, on prévoit que la proportion de concours établie par la loi pourra être dépassée sur ce point, mais avec l'autorisation expresse du Corps législatif.

L'art. 6 porte de 6 millions à 25 millions[2] le crédit annuel qui peut être affecté aux chemins d'intérêt local; mais cela suppose, comme le dit l'exposé des motifs, que beaucoup de chemins aujourd'hui demandés d'intérêt général seront classés d'intérêt local.

Art. 7. La loi de 1865 admettait que les chemins secourus par l'État pouvaient être assujettis à des services gratuits envers ce dernier. L'État retirait d'une main ce qu'il donnait de l'autre, et, sauf la réduction des places militaires, il est préférable d'attendre, pour demander au chemin un service gratuit, que son rapport soit suffisant.

Art. 8. Cet article nous paraîtrait mieux placé immédiatement à la suite de l'art. 6; car, après avoir indiqué une augmentation de charges

1. Rapport de M. Le Hon.

2. Rapport du comte Le Hon, page 34. « Cette somme de 6 millions inscrite au budget « de l'État pourra être, au besoin, augmentée par le Corps législatif. Au début elle sera suf- « fisante et permettra d'accorder des subventions à un nombre encore notable d'entreprises, « surtout en ne les donnant pas entières à la fois, mais par annuités. »

pour l'État, il était bon d'indiquer de suite comment on espérait parer à cet excédant. Parmi les ressources se trouvent indiqués :

1° Les excédants de recettes du budget — ?

2° Les économies à réaliser sur les subventions affectées à l'exécution des grands travaux; c'est-à-dire, par exemple, que les rabais consentis dans les adjudications de concessions de chemins de fer par l'État seront immédiatement employés à produire d'autres lignes.

3° Le budget extraordinaire des travaux publics.

Art. 9. Cet article est entièrement nouveau; il exprime un principe implicitement contenu dans la loi de 1865. Jusqu'à ce jour les départements stipulaient, à leur profit exclusif, un partage de certains excédants de recette : avec la nouvelle loi, les communes qui auront fourni un concours entreront en partage avec le département, au prorata de leur part contributive. Cela n'est que justice[1].

L'art. 10 est l'ancien art. 8 sans changements.

CHAPITRE III.

AMENDEMENTS AU PROJET DE LOI.

A peine un projet de loi est-il éclos, que déjà la nécessité de proposer des amendements se fait sentir.

Nous venons d'indiquer, en examinant les divers articles, comment, à défaut d'acceptation du petit jury, on pouvait demander l'introduction du magistrat directeur dans les débats, et nous allons maintenant en formuler quelques autres.

Première proposition d'amendement. — EXPLOITATION.

Addition à l'art. 4.

« Les chemins d'intérêt local pourront n'emprunter à l'ordonnance du « 15 novembre 1846, et aux autres dispositions réglementant l'exploi- « tation des grandes lignes de chemins de fer, que les dispositions indis- « pensables pour garantir la sécurité des voyageurs. »

C'est l'introduction dans l'art. 4 d'une phrase qui se trouve dans l'exposé des motifs de la loi modifiée.

Rien n'est indiqué dans la loi des chemins de fer d'intérêt local relativement à l'exploitation. La loi du 15 juillet 1845 est une loi, à proprement

1. Le département de la Gironde a récemment fait cela pour le chemin de Nizan à Saint-Symphorian. (Décret d'utilité publique du 27 avril 1870.)

parler, de voirie, qui n'en dit pas un mot, et c'est l'ordonnance du 15 novembre 1846 qui régit principalement cette matière pour les grandes lignes de chemins de fer.

L'intention de la loi était de se montrer très-libérale, en laissant toute latitude sur ce point; mais il est à craindre qu'appliquée par les conseils généraux et les préfets qui n'ont pas eu jusqu'à ce jour à se préoccuper de pareilles questions, le désir de sauvegarder les responsabilités personnelles ne pousse à prescrire l'application, sans changement, de l'ordonnance de 1846.

L'instruction ministérielle du 12 août 1865 accompagnant l'envoi de la loi des chemins de fer d'intérêt local est muette sur ce sujet. Le rapport de M. le comte Le Hon semblait bien annoncer un règlement spécial d'administration publique (page 49), mais il était difficile d'en faire un. En effet, les conditions doivent varier suivant le caractère propre de chaque concession, on ne pouvait donc composer d'avance une sorte de cahier des charges type. Quant à la question de l'exploitation, réglée pour les grandes lignes par l'administration supérieure, elle doit être, par analogie, approuvée par le préfet pour des lignes concédées par des conseils généraux.

Toutefois les arrêtés préfectoraux n'ayant pas les mêmes conditions de permanence que les ordonnances ni autres décisions de l'administration supérieure, nous conseillerons aux demandeurs de concession, désireux d'avoir des bases d'opérations certaines, de faire rédiger d'avance l'arrêté préfectoral réglementant les principales conditions de l'exploitation, et de le faire annexer au décret d'utilité publique, comme on le fait pour le cahier des charges de concession. De cette manière, ce règlement ne pourra être rapporté ou modifié que dans la même forme que la concession elle-même; — les administrateurs des départements seront d'autant plus disposés à accorder des facilités, que l'examen préalable du règlement dont il s'agit par le conseil des ponts et chaussées et par le conseil d'État, puis ensuite son annexion au décret d'utilité publique, sera une sorte de sanction qui mettra leur responsabilité à couvert.

Nous ne saurions mieux faire, pour indiquer l'esprit qui devra présider à la rédaction de cet arrêt préfectoral, que de citer les propres termes du rapport fait en 1865 par le comte Léopold Le Hon, pages 61 et suivantes. Ils montrent bien que, dès ce moment, la question était envisagée comme aujourd'hui.

« En résumé, pour tout ce qui concerne l'*exploitation*, le conseil général « et le préfet, dans les mesures qu'ils auront à prendre à cet effet, devront « s'appliquer, conjointement avec les concessionnaires, à réaliser toutes « les combinaisons qui permettront d'atteindre par tous les moyens pos- « sibles le maximum de l'économie. L'administration supérieure, par les « facilités de toute nature qu'elle accordera, permettra d'obtenir ce « résultat indispensable. A cet effet, il sera utile de faire disparaître du

« nouveau cahier des charges toutes les dispositions tracassières, res-
« trictives et onéreuses du *cahier des charges*, et de l'ordonnance du
« 15 novembre 1846. »

2me *proposition d'amendement.* — (TRAMWAYS, SYSTÈMES DIVERS.)

Art. 11. La présente loi est applicable aux chemins construits sur les accotements des routes, dans le système américain (dit tramways) ou tout autre, à traction de chevaux, vapeur, etc. Dans le cas où il faudrait recourir, en totalité ou en partie, à l'élargissement de la route, on procédera suivant les formalités adoptées pour le service de la vicinalité, et notamment en ce qui concerne le jury d'expropriation, qui sera celui établi par la loi du 21 mars 1836.

Pour ceux qui interprètent largement la loi de 1865, l'article ci-dessus s'y trouve implicitement compris; ce n'est donc pas à proprement parler un amendement, c'est une simple inscription dans le texte de la loi destinée à parer à toute difficulté d'interprétation. Nous n'avons pas besoin d'insister sur cette proposition d'amendement qui se comprend d'elle-même, et répond à un vœu qui termine le rapport de M. le comte Le Hon (page 70).

3me *proposition d'amendement.*

Addition à l'art. 2.

« Le conseil général désigne les communes qui doivent contribuer à
« leur construction et la proportion de cette contribution. L'acceptation
« par la majorité des conseils municipaux intéressés entraînera l'imposi-
« tion d'office pour les autres. »

C'est la reprise d'un amendement proposé en 1865 par M. Roulleaux-Dugage. Son adoption rendrait obligatoire la participation des communes, aujourd'hui facultative.

Un chemin de fer devant être au moins aussi avantageux pour une commune qu'un chemin vicinal, on ne voit pas pourquoi toute commune traversée ou voisine ne serait pas imposée d'office, et cela suivant la mesure du service rendu.

En Alsace, et pour des communes riches, on a pu mettre à leur charge toute la dépense de la plate-forme; cette proportion pourra être atteinte bien rarement ailleurs, mais il n'est pas nécessaire qu'on l'élève jusque-là. Ce qui est juste, c'est que toute commune desservie contribue dans une certaine part.

Ici il n'y a du reste pas imposition d'office, puisque les communes sont consultées, et que l'on se conformera aux résultats du suffrage exprimé par la majorité des intéressés.

Le conseil général a dans son sein et près de lui tous les éléments nécessaires pour décider la part de chaque commune, et il ne l'exagérera pas, car il s'exposerait à voir la majorité des conseils municipaux se prononcer contre la demande de concours.

Il n'y aurait donc aucun inconvénient à adopter l'amendement proposé en ce sens.

4me *proposition d'amendement.*

Addition à l'art. 2.

« Le Conseil général arrête . . . . . ainsi que les traités et les dispo-
« sitions nécessaires pour en assurer l'exploitation, *soit par des conces-*
« *sionnaires, soit par le département.* »

Nous ne voyons pas pourquoi un département n'exploiterait pas ses chemins de fer. Il n'y aura jamais là les inconvénients de l'exploitation des grands réseaux par l'État, et il y aurait de grandes économies à réaliser, en utilisant une bonne partie du personnel du département et diminuant les frais généraux.

La question de l'entretien est bien voisine de celle des chemins vicinaux, et c'est donc pour le matériel roulant et la traction que l'adjonction de quelques personnes, ayant des connaissances spéciales, deviendrait nécessaire.

Si l'on objecte que le département est exposé aux aléas de l'exploitation, nous répondrons qu'il l'est tout autant quand il y a un concessionnaire; car si celui-ci ne couvre pas ses frais, il faudra bien que le département vienne à son secours. Et s'il y avait des excédants de recettes, le département exploitant en profiterait pour rentrer dans ses avances.

Le contrôle serait alors fait par l'administration supérieure.

5me *proposition d'amendement.*

Addition à l'art. 2.

. . . . . sur le rapport des Ministres de l'intérieur et des travaux publics.

« Le décret déterminera les conditions des émissions d'actions et
« d'obligations. En tout cas, il ne sera émis d'obligations que lorsque
« le capital actions aura été entièrement appelé et en grande partie
« dépensé en travaux ou en approvisionnements.

« Il sera formé une société anonyme ou en commandite, avec des
« administrateurs responsables, dans les conditions de la loi du 24 juillet
« 1867, pour la construction ainsi que pour l'exploitation du chemin. »

Les conditions particulières de solidité des obligations des grandes compagnies de chemins de fer ont répandu dans le public une illusion sur la valeur de l'obligation en général. Des obligations ont été souscrites

pour des chemins qui n'avaient même pas encore obtenu le décret d'utilité publique ratifiant la concession. Aussi, dans une mise en adjudication récente[1], l'administration a-t-elle cru devoir inscrire à ce sujet certaines clauses spéciales.

L'amendement ci-dessus exposé, ou tout autre analogue, est destiné à remplir ce but[2].

6me *proposition d'amendement.* — Vœu.

Nous terminerons par un vœu emprunté au rapport déjà souvent cité du comte Le Hon (page 70), et dont le rappel nous paraît opportun.

« M. Ed. Dalloz a demandé à la commission de vouloir bien exprimer « le vœu :

« *Que le gouvernement charge une commission particulière, composée en partie de fonctionnaires appartenant au ministère de la guerre et à des armes spéciales, d'examiner si, en principe, une fraction de l'armée pourrait être employée à la construction des chemins de fer départementaux, et d'arrêter dans quel cas, dans quelles limites et à quelles conditions, cet emploi pourrait avoir lieu.*

« Nous nous rendons au désir de notre honorable collègue, et nous « recommandons son vœu à l'attention du gouvernement. »

1. Chemin de Clermont à Tulle. — Voir aux annexes, page 250.

2. Depuis que ces lignes ont été écrites, l'attention du Corps législatif a été attirée sur cet état de choses, notamment par M. Germain. (Séance du 21 juin 1870.) Voir aux annexes, page 251.

DEUXIÈME PARTIE.

Réponse à certaines critiques relatives à l'augmentation du concours de l'État dans la construction des chemins de fer d'intérêt local.

---

§ I. — FAIBLESSE DES RESSOURCES DES DÉPARTEMENTS, DES COMMUNES ET DES INTÉRESSÉS.

L'expérience de près de quatre années a montré qu'en dehors de quelques départements riches ou de localités industrielles, l'initiative était nulle, en ce sens qu'elle ne se traduit par aucun concours financier, de sorte que les subventions recueillies sont infiniment trop faibles [1].

Bien que très-peu de départements aient songé à faire faire des études d'ensemble d'un réseau départemental, il n'en est pas moins vrai qu'au moment où une demande de concession s'est produite au sein d'un conseil général, la question d'ensemble s'est immédiatement présentée.

En effet, chaque partie du département a songé que si toutes les ressources disponibles étaient engagées pour une seule direction, l'exécution des autres lignes serait au moins reculée sinon définitivement ajournée. De telle sorte que chaque conseiller général a fait réserver l'avenir en demandant et obtenant des prévisions de répartition de toutes les ressources entre les divers points du département.

Il en est résulté que, sauf dans quelques départements privilégiés par leur position commerciale ou industrielle, la somme allouée en concours est très-limitée.

§ II. — LA PLUPART DES LIGNES DERNIÈREMENT EXÉCUTÉES OU EN PROJET FONT JUSTE LEURS FRAIS D'EXPLOITATION.

Bien des mécomptes sont donc à craindre pour beaucoup de lignes aujourd'hui concédées et dont on s'exagère l'importance [2]. Il est à remarquer que souvent leurs promoteurs, sortant de l'esprit de la loi à laquelle

1. Rapport du comte Le Hon, page 24. « La loi du 11 juin 1842 rendait obligatoire le « concours du département et des communes pour l'acquisition des terrains et bâtiments « nécessaires à l'établissement d'un chemin de fer et de ses dépendances. Les indemnités « devaient être avancées par l'État, et lui être remboursées jusqu'à concurrence des deux « tiers. Cette disposition n'a jamais été appliquée; on dut renoncer de suite à s'en préva- « loir, à cause de l'insuffisance des ressources des départements et des communes. »

2. Le chemin de fer de Fougères à Vitré rapporte 5,673 fr. bruts par kilomètre. On avait compté sur plus de 8,000 fr.

ils doivent leur existence, se figurent que leurs embranchements créent des raccourcis et sont appelés à devenir lignes de transit.

Si l'on examine les recettes des embranchements des grandes compagnies, il est facile de se rendre compte qu'il y a insuffisance par rapport au capital dépensé, que tous doivent recourir à la garantie d'intérêts accordée par l'État, et qu'aucun d'eux pris isolément n'aurait pu donner lieu à une opération industrielle.

Si l'on objecte que leur exécution, comme chemin d'intérêt local, eût permis d'apporter quelques réductions dans la dépense, il sera facile de se rendre compte que cela n'eût été qu'au détriment de l'exploitation. Ces lignes rapportent de 8 à 15,000 fr. par kilomètre; or, si l'on eût élevé, par exemple, le maximum des rampes, il est clair que les dépenses annuelles de l'exploitation eussent été notablement augmentées ; et les faits prouvent que cette élévation compense et au delà la diminution des charges annuelles du service des intérêts du capital de premier établissement.

Les chemins d'intérêt local dont la construction est aujourd'hui demandée sont loin d'être dans d'aussi bonnes conditions de trafic que les embranchements dont nous venons de parler. Si leur condition d'exécution, dans une vallée ou dans une plaine peu accidentée, diminue la dépense de construction, par contre, les recettes prévues sont infiniment faibles.

On doit admettre, d'après l'expérience actuelle, que les frais d'exploitation absorberont, dans la plupart des cas, la totalité de la recette. Il faut donc que le chemin ne coûte rien à la Société qui l'exploitera, et quelquefois même il faudra lui accorder une garantie pour le cas où la recette ne couvrirait pas la dépense d'exploitation. — Or, c'est à peine si, dans bien des départements, une entreprise de chemin de fer peut espérer, tout compris, un concours de 30,000 fr. par kilomètre, c'est-à-dire environ le tiers de la dépense totale à faire, si l'on en juge par les exemples les plus économiques connus. Nous sommes donc loin de compte, et, à cet égard, la loi nouvelle, en facilitant la création de quelques chemins, demandera encore pour les autres beaucoup à l'initiative des particuliers intéressés.

Si l'on pouvait établir exactement pour chaque ligne d'un côté le produit net, de l'autre les intérêts à desservir pour le capital d'établissement, la différence à parfaire déterminerait le chiffre de la subvention. Mais le produit net est très-difficile à évaluer, car on ne peut évaluer que très-approximativement le trafic, et l'on ne sait pas encore quelle sera la réduction des dépenses d'exploitation que produiront les facilités accordées aux petites lignes.

Le conseil général ne doit jamais être arrêté par la crainte de trop avantager le concessionnaire; car, au moyen de l'introduction d'une clause de partage, il pourra toujours rentrer dans ses avances si le che-

min produit plus qu'on ne l'avait pensé. Tandis que, si l'inverse se produisait, le département pourrait se trouver en présence d'un concessionnaire qui, après avoir construit et mis en exploitation un réseau, se refuserait à remplir ses engagements.

§ III. — NÉCESSITÉ DE L'AUGMENTATION DU CONCOURS DU TRÉSOR, CELA N'EMPÊCHE PAS L'INITIATIVE PRIVÉE D'ÊTRE INDISPENSABLE : BUT DÉCENTRALISATEUR REMPLI.

Si nous supposons, comme le projet de loi, 180 kilomètres de chemins de fer pour chaque département, coûtant au bas mot 100,000 fr. par kilomètre, cela correspond à une dépense de dix-huit millions (18,000,000). Dans le cas où le produit du centime est compris entre 20 et 40,000 fr., l'État, sous l'empire de la législation actuelle, contribue pour $\frac{1}{3}$; il reste donc à parfaire les $\frac{2}{3}$ de 18,000,000, soit 12,000,000 : or, pour un département où le produit du centime serait de 25,000 fr., il faudrait une imposition de 20 centimes extraordinaires pendant une période de 25 à 30 ans, ce qui est considérable.

C'est en présence de cette situation, et pour y parer, que se produit le projet de loi actuel, dont nous dégageons ici le but essentiel, qui est une augmentation notable de la part de contribution de l'État[1].

Au premier abord, on croit trouver dans ce fait une inconséquence avec l'idée de décentralisation qui a présidé à la première loi et que l'on met encore en avant pour la nouvelle. Mais, en réalité, il y a encore diminution de l'ingérence de l'État dans les concessions, car la part de l'État est complétement déterminée d'avance par la loi, et elle serait acquise sans qu'il fût nécessaire de recourir au bon vouloir de l'administration. La réalisation du chemin ne dépend donc réellement que de l'initiative locale, ce qui est le signe manifeste de la décentralisation. En réalité, ce n'est pas à l'État qu'on a recours, mais au Trésor, qui contient dans sa caisse l'épargne de tous. Il est certain qu'il est inutile de centraliser à Paris (sur le papier au moins) l'argent des départements, pour le leur retourner ensuite; mais ceci est un point de vue de décentralisation financière qui conduit directement à un changement de répartition de la quote-part de l'impôt perçue d'un côté par l'État, de l'autre par le département; un tel progrès serait certes désirable, mais ne pourrait s'effectuer sans un remaniement de toutes nos lois de finance.

1. A notre avis, cette part demandée est encore trop faible. Nous eussions voulu voir cette part fixée respectivement à $\frac{1}{2}$, $\frac{2}{3}$ et $\frac{3}{4}$.

§ IV. — L'ÉTAT BANQUIER DES CHEMINS DE FER D'INTÉRÊT LOCAL.

Qu'on nous permette d'énoncer ici le désir de voir l'État devenir en quelque sorte le *banquier des départements pour les chemins d'intérêt local*, à peu près comme il l'a été pour l'achèvement du réseau des chemins vicinaux.

Que l'État veuille bien, en outre de sa part de concours définie d'après l'art. 5 de la loi, prêter aux départements les sommes d'argent nécessaires pour compléter l'établissement du chemin.

Il fera ainsi une avance dont il se remboursera, soit par une clause de prélèvement sur les recettes, soit par tout autre moyen d'amortissement.

Voici les avantages que le pays trouve à cette combinaison.

Si les départements et communes devaient faire un emprunt pour couvrir les dépenses, ils s'obéreraient pour longtemps, et s'enlèveraient la possibilité d'autres travaux utiles, car ils ne font pas en général, comme l'État, d'emprunts amortissables sur une longue période ; — l'État, au contraire, se procure de l'argent à meilleur marché qu'eux, et l'amortissement, réparti sur une très-longue période, n'impose aux contribuables qu'une moindre charge annuelle.

Aujourd'hui, les chemins d'intérêt local ne trouvent, ni près de l'État, ni près des départements et communes, le concours total nécessaire, et les Sociétés concessionnaires ont recours au crédit et souscriptions publiques pour se procurer le capital. Mais ce capital leur coûte très-cher en raison des procédés usités, qui peuvent se ranger en deux catégories principales, le plus souvent employées concurremment :

1° *Marchés à forfait*[1]. — Ces marchés sont interdits par l'art. 27 du cahier des charges des concessions de chemin de fer d'intérêt général; mais cette interdiction a été écartée avec soin pour les lignes d'intérêt local, concédées en général à des Sociétés d'entrepreneurs de travaux.— La petite compagnie donne la préférence à un entrepreneur qui prend les travaux d'après une estimation préalable, et, en général, s'engage à mettre dans l'opération une somme relativement considérable, soit par un versement en espèces, soit par l'acceptation de payements de travaux en actions ou obligations. — Or, il est clair qu'on n'a rien pour rien, et que celui qui court des risques, c'est-à-dire l'entrepreneur, ne place son argent qu'à un gros intérêt. Cet intérêt, c'est la chance de bénéfices à réaliser sur l'exécution de son marché, et le prix auquel il prend les travaux est par suite de beaucoup supérieur aux prix qu'obtiendrait la compagnie au moyen des adjudications ordinaires par voie de concurrence.

1. Voir aussi notre Note, intitulée *Choix d'un concessionnaire*, etc.

2° *Traité pour l'émission des obligations.* — Les Sociétés des lignes d'intérêt local doutent de leur crédit, et n'osent pas, en général, émettre directement leurs obligations; elles s'adressent donc à des intermédiaires, et il se conclut un véritable deuxième traité à forfait : l'intermédiaire garantit à la compagnie une somme convenue, composée d'un certain nombre de titres qu'il cherche à placer ensuite à un taux notablement supérieur.

Ainsi des émissions que l'on voit aujourd'hui souscrites par le public, au chiffre de 280 à 295 fr. par obligation, n'ont souvent rapporté à la Société concessionnaire que de 250 à 280 fr. par titre. C'est-à-dire que c'est de l'argent emprunté à plus de 6 $^1/_2$ p. 100[1].

Dans notre manière de voir, les chemins de fer d'intérêt local ne doivent pas être des spéculations. Et nous pouvons citer un exemple existant à l'appui de cet ordre d'idées. Le chemin de fer reliant Munster à la ville de Colmar (Haut-Rhin) a été concédé par le département à la ville de Munster qui en a fait tous les frais, avec concours de l'État, suivant la loi de 1865. Le produit net de la ligne servira à l'amortissement de l'emprunt spécial fait par la ville, et il est stipulé qu'une fois cet emprunt amorti l'excédant reviendra à l'État[2].

§ V. — LE SYSTÈME COOPÉRATIF APPLIQUÉ AUX CHEMINS DE FER.

Dans une brochure récente, M. Poujard'hieu propose l'*application du système coopératif à l'exploitation des chemins de fer*. Cette idée n'a rien d'impraticable en soi; on comprend qu'une partie du salaire des employés d'une compagnie puisse très-bien être payée en papier, c'est-à-dire en actions ou titres de jouissance de cette compagnie, de manière que le personnel profitera tout le premier des augmentations de dividendes.

Aujourd'hui nos grandes compagnies, accablées de demandes de places de tous côtés, arrivent à exiger un cautionnement qui, dès le début, s'élève déjà à 1200 fr.; il serait très-simple de demander, au lieu de cela, le dépôt à la caisse des titres d'une ou plusieurs actions inaliénables faisant le même office, et ce serait, même pour un chemin de fer d'intérêt local en formation, une manière de se constituer une partie de son capital.

Nous donnons dans les annexes (page 31) quelques articles extraits des statuts du chemin de fer de Mammers à Saint-Calais : c'est évidemment une application du système coopératif aux chemins de fer.

1. Dans un décret récent portant mise en adjudication du chemin de Clermont à Tulle on a dû réglementer la formation du capital. Voir aux annexes, page 250.

2. Voir aux annexes la combinaison analogue du chemin de Mutzig à Schirmeck.

§ VI. — LUTTE ENTRE LES CHEMINS D'INTÉRÊT GÉNÉRAL ET LES CHEMINS D'INTÉRÊT LOCAL.

On a demandé également si, en augmentant sa part de contribution, l'État n'allait pas favoriser les uns au détriment des autres?

Cela n'est pas à craindre aujourd'hui, car presque tous les départements ont en projet des chemins d'intérêt local et les subventions se trouveront réparties sur tous. Si quelques-uns restent en dehors par suite de leur peu de ressources, ils en sont ou en seront compensés par la dotation qui leur est ou sera faite de chemins de fer d'intérêt général.

Cela nous amène incidemment à parler d'un point assez grave. Il s'établit en ce moment une sorte de lutte entre l'État et les départements, entre le chemin d'intérêt général et le chemin d'intérêt local. — L'administration centrale qui voit clairement les dangers de la marche suivie aujourd'hui par certains départements, dans lesquels on n'accorde que des subventions insuffisantes, multiplie sinon les concessions, au moins les études de lignes d'intérêt général. Elle cède, il est vrai, en faisant cela, aux demandes incessantes des populations, qui sont abusées par une sorte de mirage, et espèrent ainsi obtenir un chemin pour rien, parce que leur concours direct n'est pas demandé. Or, dans tout pays où a été faite une étude de ligne d'intérêt général, il est impossible d'obtenir aucun concours des intéressés.

§ VII. — DANGER DE L'EXTENSION DES LIGNES DITES D'INTÉRÊT GÉNÉRAL. LA LOI DE 1865 PERMETTAIT DE RECONNAITRE LES CHEMINS UTILES.

Si l'on donne une trop grande extension aux concessions de lignes dites d'intérêt général, il en résultera que la loi de 1865 deviendra lettre morte; on détruira ainsi l'initiative donnée aux conseils généraux, et on obligera les concessionnaires à exploiter chèrement des lignes chèrement établies, puisqu'elles seront régies par les conditions du cahier des charges et les règlements types des concessions de l'État, tandis que les départements peuvent admettre dans les cahiers des charges des facilités de construction et d'exploitation.

L'administration centrale est, du reste, encombrée de demandes d'études en tous sens, presque toujours contradictoires, ce qui la met le plus souvent à son aise pour suivre la marche qu'elle préfère; mais le résultat est toujours de lui faire porter le mécontentement des gens non satisfaits.

L'État pouvait sans doute, avant comme après 1865, augmenter le réseau des chemins de fer en étendant indéfiniment le système des garan-

ties d'intérêt, mais il se présentait, en dehors de la question budgétaire, une grave difficulté à surmonter. Comment donc reconnaître au milieu du grand nombre d'embranchements demandés, et tous d'un revenu en prévision insuffisant, *quelles étaient les lignes réellement d'utilité publique et dignes d'être encouragées?* C'est cette difficulté qui a, en partie, donné naissance à la loi du 12 juillet 1865, et qui lui a fait donner le caractère de décentralisation qu'elle possède : loi qui a, entre autres, le mérite bien rare de dire beaucoup en peu de mots[1].

En déléguant aux conseils généraux le pouvoir de concéder et de subventionner les lignes qui auront trouvé, dans la localité même, capitaux et contingents, elle met autant que possible l'initiative locale en demeure de s'affirmer; et le fait, qu'un embranchement aura trouvé dans une contrée un certain nombre de souscripteurs et de gens disposés à payer de ce chef un supplément d'impôt, met en évidence l'utilité publique du chemin demandé, et permet au gouvernement de se prononcer sans hésitation et sans qu'on puisse l'accuser de favoritisme.

La réunion de souscriptions locales a encore cet avantage de bien préciser le caractère du chemin. « On comprendra qu'il était impossible « d'attribuer le caractère d'intérêt local à d'autres chemins que ceux « pour lesquels les départements et les communes auront fourni leur « contingent dans la dépense. Sans cela, on aurait vu se créer de nom- « breuses voies ferrées, n'ayant pas une destination purement locale, qui, « au lieu d'être des affluents des grandes lignes, seraient venues leur « faire concurrence, établir des communications plus directes, et déran- « ger ainsi l'équilibre des réseaux attribués aux grandes compagnies. « Leur crédit est aujourd'hui si intimement lié à celui de l'État, que ce « dernier ne pouvait manquer de sauvegarder leurs intérêts. Ces res- « trictions à la liberté sont commandées par la force des choses; elles « peuvent être souvent nuisibles au pays, mais il appartient au gouver- « nement seul d'en atténuer les regrettables effets[2]. »

Ce langage indique une prévoyance exacte des quelques rares compétitions qui se produisent, et il leur répond d'avance d'une manière très-nette et très-sage.

§ VIII. — MESURES QUI EMPÊCHENT UNE MAUVAISE APPLICATION DE LA LOI DE 1865.

L'administration centrale ne peut craindre les abus ou les dangers d'une mauvaise application de la loi de 1865, car cette loi lui a réservé tous les moyens d'examen voulus. Le ministre de l'intérieur, le conseil

1. Nous rappellerons ici que le projet en avait été principalement élaboré au Conseil d'État par le comte Dubois, ancien directeur général des chemins de fer.

2. Rapport de M. le comte Le Hon, page 14.

général des ponts et chaussées (ministère des travaux publics) et le Conseil d'État examinent les diverses questions relatives à la réalisation des ressources, puis relatives aux conditions techniques et administratives indispensables. Le rapporteur pour la loi de 1865 disait (p. 52) : « Le trafic « probable d'une ligne projetée demande à être étudié avec le plus grand « soin, car ses produits justifieront seuls son exécution; et sans des « données positives à cet égard, il serait imprudent de compromettre « en pure perte des ressources souvent péniblement acquises. L'estima- « tion de la recette probable devra être mise en regard de la dépense du « chemin. Elle déterminera la part contributive du département et des « communes, pour qu'il reste un intérêt suffisant aux capitaux que devra « apporter un concessionnaire ou une compagnie fermière de l'exploi- « tation. »

Et si un département ne s'est pas bien pénétré de l'esprit de ces observations, si, par exemple, il a concédé un réseau à un concessionnaire qui en a fait lui-même et seul les études, qui a enflé la recette pour conclure à la possibilité de l'exécution des lignes avec une minime subvention, il est du devoir de l'administration, non-seulement d'avertir le département, mais de refuser à la concession le décret d'utilité publique

Il est certain que, sous l'empire de l'article 5 de la loi actuelle sur les chemins de fer d'intérêt local, on ne pourrait donner les subventions élevées que l'État accorde à certaines lignes secondaires; mais cette augmentation est plus apparente que réelle, car ces concessions ne sont faites que d'après le cahier des charges général type de l'administration, qui est plus onéreux pour les concessionnaires que les traités faits avec les départements. Et l'État fera respecter pour l'exploitation l'ordonnance spéciale de 1846 dans tous ses détails.

D'un autre côté, l'État suit en ce moment exactement la même marche que les conseils généraux; il concède les lignes à des entreprises dans des conditions qui assureront bien la construction de ces lignes, mais sans aucune garantie pour l'exploitation future, et si ces chemins dits d'intérêt général, construits et exploités comme les grandes lignes, ne rapportent pas les intérêts du capital engagé, il faudra venir à leur secours par des moyens qui seront toujours à la charge du pays, — ou les laisser tomber, ce qui sera une ruine pour le crédit.

§ IX. — RÉSUMÉ.

En somme et en résumé, en adoptant la modification proposée à la loi de 1865, on obtiendra, jusqu'au moment où l'enquête parlementaire, aujourd'hui ouverte, révélera la meilleure marche à suivre, les résultats suivants qui sont en progrès sur l'état actuel :

1° Possibilité de l'exécution des lignes départementales, sans recourir à la concession directe ou à l'adjudication par l'État;

2° Diminution des charges de l'État; car en ne concédant que peu de lignes d'intérêt général, on reportera sur celles d'intérêt local les subventions qu'on se proposait de donner aux autres.

3° Enfin, en ne concédant avec les formes de la loi de 1865 que les lignes pour lesquelles les intéressés concourront directement, on est plus sûr de satisfaire les vœux des populations, et c'était en réalité le vrai but de la loi de 1865, déchargeant ainsi l'administration de la responsabilité du choix des lignes, pour reporter cette responsabilité sur les représentants naturels de la nation.

ANNEXES.

ANNEXE I. — *Limite à partir de laquelle il convient de favoriser la création d'un chemin de fer.*

Un chemin de fer réduit le coût du transport dans une certaine proportion; mais, par contre, il exige une certaine mise de fonds de premier établissement. Par suite, si nous envisageons l'opération au point de vue de l'ensemble, il ne faudra construire le chemin que si le service rendu, c'est-à-dire le gain fait, est supérieur aux intérêts du capital dépensé.

En supposant que le chemin de fer soit aussi cher que la voiture pour le voyageur, il lui reste toujours l'avantage de la vitesse et de la fréquence des départs.

Pour les marchandises, un chemin de fer substituera, par exemple, un prix de 0f,10 par tonne-kilomètre à un prix de 0f,30; c'est donc, pour le pays, un bénéfice de 0f,20 par tonne et par kilomètre; et pour un tonnage annuel de 50,000 tonnes, un gain de $(50{,}000 \times 0{,}20) = 10{,}000$ fr. par kilomètre, permettant une dépense d'environ 150,000 fr. par kilomètre.

Le problème n'est pas aussi simple que nous venons de le poser; il faut tenir compte d'une foule de circonstances assez délicates, et souvent un pays peut consentir un sacrifice plus considérable que celui qui correspond au gain réalisé directement, parce qu'il espère rentrer dans ses avances par suite du développement général des industries et des transactions.

ANNEXE II. — *Chemin de fer de Mutzig à Schirmeck.*

Ce chemin de fer, composé de deux parties, l'une, la plus courte, située dans les Vosges, l'autre, la plus grande, dans le département du Bas-Rhin, a été déclaré d'utilité publique par décret du 27 avril 1870.

La dépense totale a été évaluée à 3,300,000 fr., et comme la subvention accordée par le Trésor est de 1,100,000 fr., on voit qu'elle est du tiers de la dépense totale.

Or, d'après l'art. 5 de la loi du 5 juillet 1865, le concours de l'État étant le tiers de la somme que le traité d'exploitation laisse à la charge du département, des communes et des intéressés, on devrait conclure du

fait ci-dessus que la dépense totale est à leur charge, et que les concessionnaires n'apportent aucun capital.

Or, il n'en est pas ainsi : mais comme les concessionnaires ont renoncé à tout bénéfice, se réservant seulement les intérêts à 5 0/0 par an du fonds social par eux dépensé, ainsi que le remboursement dudit fonds social; comme de plus la concession sera considérée comme expirée une fois le capital social remboursé avec les intérêts à 5 0/0, — l'État a consenti à faire entrer le capital social en ligne de compte dans la fixation de son concours. Toutefois, comme l'État ne pouvait le regarder comme abandonné à titre gratuit, il a fait deux parts de sa subvention : l'une abandonnée sans retour, l'autre proportionnée au fonds social, et s'élevant à la somme de 491,033 fr., devant être remboursée simultanément avec le capital de la Société, à titre égal et au prorata du chiffre desdites subventions et avances. Le gouvernement renonce d'ailleurs au remboursement de la partie de la subvention qui n'aurait pas été restituée à l'époque de l'expiration de la concession.

On voit donc en résumé que, d'un côté, la Société de Schirmeck n'a composé son capital que d'actions, qu'elle a eu la sagesse de ne pas vouloir faire du chemin une œuvre de spéculation, et qu'elle s'est contentée d'un maximum d'intérêt de 5 0/0. Que, moyennant cela, l'État a bien voulu encourager ces sacrifices dans les limites que la loi lui permettait, et il a augmenté sa subvention. De telle sorte que la Société de Schirmeck a obtenu le maximum de la subvention, et a réuni l'argent nécessaire à sa formation à un taux qui ne dépassera pas 5 0/0.

L'exploitation sera faite pour le compte de cette Société par la Compagnie de l'Est, et à prix coûtant.

Annexe III. — *Prêts du Crédit foncier de France aux communes et aux départements.*

Les prêts aux communes rentrent complétement dans la spécialité de l'établissement du Crédit foncier de France, qui est une des plus solides institutions de ce genre. Les conditions ont été indiquées dans une circulaire envoyée aux maires et aux conseils généraux; elle est accompagnée d'un tableau indiquant le montant des annuités d'amortissement de l'emprunt, et c'est d'après ce tableau que nous avons établi l'exemple suivant :

Exemple indiquant les sommes à payer annuellement par une Commune pour rembourser un Emprunt contracté au Crédit foncier.

L'ANNUITÉ COMPREND :

l'Intérêt à 5 p. 100, l'Amortissement, et une allocation de 40 centimes pour 100 francs pour frais d'Administration.

(Loi du 6 juillet 1860 qui autorise le Crédit foncier à prêter aux Départements et Communes.)

SOMMES EMPRUNTÉES.	fr. 1,000	fr. 2,000	fr. 3,000	fr. 4,000	fr. 5,000	fr. 6,000	fr. 7,000	fr. 8,000	fr. 9,000	fr. 10,000	fr. 15,000	fr. 20,000	fr. 50,000
Valeur des Annuités de Remboursements.													
Durée du prêt 9 ans.	fr. 143	fr. 286	fr. 429	fr. 572	fr. 713	fr. 858	fr. 1,001	fr. 1,144	fr. 1,287	fr. 1,430	fr. 2,145	fr. 2,860	fr. 7,150
— 10 ans.	132	264	396	528	660	792	924	1,056	1,188	1,320	1,980	2,640	6,600
— 11 ans.	123	246	369	492	615	738	861	984	1,107	1,230	1,845	2,460	6,150
— 12 ans.	116	232	348	464	580	696	812	928	1,044	1,160	1,740	2,320	5,800
— 20 ans.	84	168	252	336	420	504	588	672	756	840	1,260	1,680	4,200

NOTA. — *D'après la loi du 24 juillet 1864 :*

Une simple délibération du Conseil municipal suffit pour voter et régler les emprunts remboursables sur les revenus ordinaires dans un délai qui ne dépasse pas 12 ans, ou sur des contributions extraordinaires établies pour cinq années et n'excédant pas 5 centimes.

Une délibération du Conseil municipal, approuvée par le Préfet, suffit pour les emprunts qui, sans dépasser 12 ans, sont remboursables au moyen des contributions extraordinaires excédant 5 centimes, mais comprises dans le maximum fixé par le Conseil général, ou encore, s'il s'agit d'emprunts remboursables, dans un délai dépassant 12 années, à l'aide exclusivement des revenus ordinaires.

ANNEXE IV. — *Extraits des statuts de la Compagnie du chemin de fer de Mammers à Saint-Calais.*

TITRE TROISIÈME. — Capital social. — Actions. — Versements.

ART. 7.

Le capital social est fixé à 750,000 fr. divisés en 1,500 actions de 500 francs chacune.

Il sera en outre créé 2,000 actions de jouissance.

Sur ces 2,000 actions, 1,500 appartiendront aux propriétaires des 1,500 actions de capital, les 500 autres actions de jouissance seront distribuées aux agents de la compagnie dans la proportion qui sera fixée par le conseil d'administration, sans que les agents à qui ces 500 actions de jouissance seront remises aient à verser aucune somme à la Société à ce sujet.

Les actions de capital donnent droit :

1° A un intérêt de 5 °/₀ par an de la somme versée, payable par semestre et avant tout autre prélèvement;

2° Et au remboursement du capital versé sur chaque action.

Chaque action de jouissance donne droit :

A un deux-millième des bénéfices, c'est-à-dire à un deux-millième des dividendes qui seront distribués ainsi qu'on le dira ci-après, art. 17.

Et à un deux-millième de l'actif social qui existera à la fin de la Société après le prélèvement fait de la somme nécessaire pour rembourser le montant des actions de capital.

TITRE QUATRIÈME.

ART. 17.

Les produits nets, déduction faite de toute charge et frais généraux y compris l'intérêt à cinq pour cent du capital versé sur les actions, constituent les bénéfices nets.

Sur ces bénéfices, il sera prélevé annuellement :

Cinq pour cent au moins pour verser au fonds de réserve, ainsi que le veut la loi;

Et une retenue destinée à constituer, s'il y a lieu, un fonds d'amortissement.

Ce qui restera sera attribué aux propriétaires des actions de jouissance à titre de dividende, ainsi qu'on l'a dit art. 7.

Cet article ne pourra, bien entendu, contrevenir en quoi que ce soit à l'obligation prise par MM. Haentjens, le marquis de Talhouët, le duc de

Bisaccia et le prince de Beauvau, dans la convention intervenue entre eux et M. le Préfet de la Sarthe, de prélever sur les bénéfices de la construction, s'il y en a, jusqu'à concurrence de 250,000 fr., pour ajouter cette somme aux 750,000 fr., afin de porter à un million la garantie de l'exploitation.

En conséquence, il ne sera distribué de dividende pour les bénéfices faits sur la construction, que dans le cas où ces bénéfices dépasseraient 250,000 fr.

Cependant ces 250,000 fr. pourront être distribués aux porteurs d'actions de jouissance lorsqu'ils auront été retirés, ainsi que le prévoit le dernier alinéa de la convention susénoncée.

Le payement des intérêts et dividendes se fera semestriellement aux époques fixées par le conseil d'administration, à la caisse ou aux caisses qui seront indiquées par ce conseil.

Tout dividende qui ne sera pas réclamé dans les cinq ans de son exigibilité sera acquis à la Société, conformément à l'art. 2277 du Code Napoléon.

ART. 18.

Pendant la période de construction du chemin de fer, il sera payé annuellement aux actionnaires cinq pour cent par an du capital versé.

Il sera pourvu au payement de ces cinq pour cent par les intérêts du placement des fonds et par un prélèvement sur le capital.

Étant ici expliqué que le chiffre de ce capital social a été calculé et fixé en prévision de ce prélèvement.

Mais les premiers bénéfices nets, après le payement de l'intérêt à cinq pour cent du capital versé, seront affectés à combler le déficit apporté au fonds social par ce payement d'intérêts, et le surplus recevra l'emploi prescrit par l'art. 17.

ART. 19.

Pendant la période d'exploitation, s'il arrivait qu'en cas d'insuffisance de produits, d'épuisement des fonds de réserve et d'amortissement, les propriétaires d'actions de capital ne reçussent pas cinq pour cent d'intérêts de leurs fonds pendant une ou plusieurs années, les propriétaires des actions de jouissance n'auront droit à des dividendes que lorsque l'on aura prélevé sur les bénéfices des années suivantes une somme suffisante pour compléter les cinq pour cent d'intérêts que n'auraient pas reçus, pendant les années précédentes, les propriétaires des actions de capital.

Les dispositions des art. 7, 17, 18 et 19 seront comprises dans l'extrait à publier mentionné à l'art. 9 de la loi du 23 mai 1863.

ART. 28.

Le fonds de réserve se composera de l'accumulation des sommes pro-

duites par le prélèvement annuel opéré sur les bénéfices, en exécution de l'art. 17.

Il est destiné à parer aux besoins et dépenses extraordinaires ou imprévues.

En cas d'insuffisance d'une année pour payer les intérêts de cinq pour cent par an du capital versé par action, la différence sera prélevée avant toute dépense sur le fonds de réserve.

Lorsque le fonds de réserve aura atteint le quart du capital social, le prélèvement affecté à sa création pourra cesser de lui profiter, sur une décision du conseil d'administration; il reprendra son cours si la réserve vient à être entamée.

L'emploi des capitaux appartenant au fonds de réserve est, ainsi que tous les autres fonds libres appartenant à la Société, réglé par le conseil d'administration.

Annexe V. — *Notes relatives à l'exploitation.*

Nous avons dit plus haut que beaucoup de chemins d'intérêt local projetés avaient des recettes très-faibles, et couvrant presque seulement les dépenses d'exploitation; c'est donc cette partie qu'il faut perfectionner autant que possible.

M. le rapporteur de la loi de 1865 pensait qu'au dessous de 10,000 fr. de recettes par kilomètre, il fallait recourir à l'exploitation par des compagnies locales, et c'est aussi l'avis de M. Jacqmin, ingénieur en chef des ponts et chaussées, directeur de l'exploitation de la Compagnie de l'Est (*Traité d'exploitation*, tome II, page 83).

Si l'on fait remarquer que cette même Compagnie de l'Est a passé des traités d'exploitation avec beaucoup de Sociétés de chemins d'intérêt local, ce n'est nullement en contradiction avec les principes ci-dessus, mais c'est parce qu'elle y a été vivement sollicitée par les Sociétés elles-mêmes, désireuses de se débarrasser du fardeau de l'exploitation. En cela, il faut féliciter la Compagnie de l'Est de l'initiative qu'elle a prise et qui n'est pas pour elle une source de bénéfices, car elle fait ces exploitations à prix coûtants, et a néanmoins obtenu des résultats économiques remarquables.

M. le Président de la Société des ingénieurs civils a, dans la séance du 1er avril 1870, présenté les résultats de deux de ces lignes, et en voici le résumé :

	Recettes.	Dépenses.
Ligne de Vassy à Saint-Dizier (22 kilom.).	6,375 fr.	5,850 fr.
Ligne de Colmar à Munster (19 kilom.) .	9,440 fr.	6,897 fr.

Les traités du type de ceux passés avec la Compagnie de l'Est ne sont pas cependant exempts de toute critique; ainsi :

1° La Société locale doit fournir caution pour le cas d'insuffisance des recettes;

2° Elle doit s'en rapporter purement et simplement aux comptes et aux livres tenus par l'exploitant;

3° Le cas d'accident ou d'avaries aux marchandises ou au matériel n'est pas tranché dans les traités.

En somme, l'exploitation la plus économique est celle qui permet la perception en route et supprime le chef de gare : or, dans une grande compagnie, ce dernier est un rouage presque indispensable pour faire parvenir aux divers services centraux les renseignements nécessaires pour la bonne tenue des comptes ou leur vérification. Si, toutefois, une grande compagnie essayait de ce système, elle joindrait aux avantages précités ceux de la diminution des frais généraux. Mais, jusqu'à ce moment-là, l'exploitation par une compagnie locale nous semble préférable.

ANNEXE VI. — *Formation du fonds social de la ligne de Clermont à Tulle. Composition du capital des chemins de fer d'intérêt local. Discours de M. Germain au Corps législatif.*

En présence de certaines tendances de spéculations qui se manifestaient vis-à-vis du public, pour les chemins de fer de toutes sortes, l'administration supérieure avait cru devoir prescrire, dans le décret du 30 avril 1870 annonçant la mise en adjudication du chemin d'intérêt général de Clermont à Tulle, les articles suivants :

Art. 4. Conformément à l'art. 10 de la loi du 15 juillet 1845, les concessionnaires ne pourront émettre d'actions ni promesse d'actions négociables avant de s'être constitués en Société anonyme, suivant les dispositions de la loi du 24 juillet 1867.

Cette Société devra se renfermer strictement, à moins d'autorisation spéciale, dans l'objet de la présente adjudication ou des autres concessions de chemins de fer qui pourront lui être faites ultérieurement.

Art. 5. Aucune émission d'obligations ne pourra avoir lieu qu'en vertu d'une autorisation de notre ministre des travaux publics, qui en déterminera la forme, le mode et le taux de négociation, et qui fixera les époques et les quotités des versements jusqu'à complète libération.

En aucun cas il ne pourra être émis d'obligations pour une somme supérieure aux trois cinquièmes du capital total à réaliser par la compagnie, déduction faite de la subvention.

Aucune émission d'obligations ne pourra, d'ailleurs, être autorisée avant que les deux cinquièmes du capital social aient été versés et employés en achats de terrains, travaux, approvisionnements sur place, ou en dépôt de cautionnement.

Il paraîtrait que pour les chemins d'intérêt local on aurait le projet de faire quelque chose d'analogue :

Les obligations ne pourraient être émises qu'après la déclaration d'utilité publique, avec l'autorisation du préfet, et après que les deux cinquièmes du capital-actions auront été employés.

Le capital-obligations ne pourra être supérieur à la somme des subventions et capital-actions réunis, encore faut-il qu'il soit inférieur à deux fois et demie le capital-actions.

Tout récemment, dans la séance du 21 juin 1870, un député, M. Germain, a attiré l'attention sur les valeurs très-différentes des diverses catégories d'obligations offertes au public. Voici, sur ce sujet, un extrait du discours de M. Germain :

« Le public n'a d'autre garantie que l'examen qu'il fera lui-même; il « faut qu'il se demande si les hommes qui l'appellent à leur confier « des capitaux ont d'abord le même intérêt que lui, s'il n'arrive pas sou- « vent qu'à l'occasion de certaines affaires ils ne réalisent pas des béné- « fices, alors que ceux qui engagent véritablement leurs capitaux cou- « rent les chances de perte, sans courir aucune chance de bénéfice.

« En effet, les titres que l'on appelle aujourd'hui obligations ne sont, « dans la plupart des cas, que des actions.

« Le capital-actions, qu'on met en souscription, ne représente absolu- « ment rien, et la libération des actions s'obtient en majorant le prix des « travaux.

« Quelle que soit donc la combinaison que le gouvernement impose « aux concessionnaires, elle n'offre au public aucune garantie. Il est bon « que le public veille lui-même à ses intérêts, qu'il scrute le passé des « hommes qui lui présentent des affaires; qu'il sache si ces hommes ont « fait leurs preuves dans ce genre d'industrie, s'il leur est arrivé dans le « passé de voir des affaires crouler alors qu'eux-mêmes n'étaient pas « engagés dans ces entreprises . . . . . »

. . . . . .

Les conclusions de M. Germain sont que toutes les fois que l'État n'interviendra pas pour garantir les obligations émises, il n'intervienne pas non plus pour régler la formation du capital; cela donne bien une sécurité au gouvernement pour l'exécution de la ligne, mais ne donne aucune garantie au public sur l'avenir du chemin, et cette intervention pourrait donner lieu à des illusions.

Nous sommes de l'avis de M. Germain, en ce que nous ne voudrions pas voir inscrire dans une loi générale des conditions particulières de formation de capital; mais nous pensons qu'on doit laisser aux contractants toute liberté de poser leurs conditions, et si, en principe, il est bon de les faire les plus larges possibles, il peut se rencontrer des circonstances où la précaution soit bonne.

On demande au public de se rendre compte de la valeur des titres, pour lesquels il a peu d'éléments entre les mains; on peut aussi bien lui demander de se rendre compte d'une convention dont il peut facilement se procurer le texte.

ANNEXE VII. — *Essai de définition du chemin de fer d'intérêt local.*

Le programme de la commission d'enquête administrative sur les travaux publics, instituée par décision impériale du 2 mars 1870, porte dans la section des chemins de fer, comme première question :

« 1. Quels sont les caractères particuliers et comparatifs qui permettent d'établir la distinction entre les lignes d'intérêt local et celles d'intérêt général? »

D'après la discussion de la loi de 1865, certains caractères paraissaient nécessaires, comme celui de l'économie dans la construction, venant de la configuration naturelle du sol n'exigeant pas de grands travaux, comme aussi l'absence de concurrence avec une grande ligne voisine.

Toutefois on a concédé, sous le titre de lignes d'intérêt local, des chemins qui traversent trois départements et créent des raccourcis, et la dénomination a été singulièrement élargie.

Un des caractères qui paraît essentiel, c'est l'initiative locale manifestée non par de stériles demandes, mais par des concours financiers venant des communes et des particuliers intéressés.

Si la loi de 1865, au lieu de paraître n'admettre la petite voie que comme une tolérance, eût imposé une largeur moindre de 1m,50, bien des luttes étaient arrêtées dès le principe. Pour nous, la réduction de la largeur de voie n'a pas besoin d'exister en fait, il suffit qu'étant donné un chemin, l'on ait, sans qu'il en résulte d'inconvénients, la possibilité de le faire à petite voie, avec gares séparées à la jonction des grandes lignes, pour que nous lui reconnaissions le caractère *d'intérêt local*; et nous appellerions volontiers cette catégorie du nom de *chemins à transbordements.*

JULES MORANDIÈRE.

COMPTE RENDU

DE L'OUVRAGE DE M. LEVEL

SUR LES CHEMINS DE FER D'INTÉRÊT LOCAL

PAR M. L. RICHARD.

Votre comité m'a chargé de vous rendre compte de l'ouvrage qu'un de nos camarades, M. Émile Level, ingénieur du chemin d'Enghien à Montmorency, vient de publier sur les chemins de fer d'intérêt local.

J'ai pris connaissance, avec un vif plaisir, de cet ouvrage, qui dénote chez son auteur une pleine connaissance de cette question, si intéressante et si pleine d'actualité, des chemins de fer d'intérêt local. Il contient un grand nombre de faits et documents qui peuvent servir à la fois aux ingénieurs et aux personnes étrangères au génie civil, et pour aider chacun à trouver de suite les points capitaux qui peuvent servir de jalons dans une étude, je vais parcourir rapidement avec vous ce volume, en suivant le mieux possible la pensée de l'auteur.

Le chap. I[er] traite des origines, des caractères et des dispositions de la loi du 12 juillet 1865, qui établit à quelles conditions devront s'exécuter les chemins de fer d'intérêt local, entre l'État, les départements, les communes et les particuliers.

Il était utile, comme le dit l'auteur, d'exposer l'esprit et les résultats probables de cette loi, dans un moment où l'on prépare des projets, où l'on rédige de tous côtés des conventions et des cahiers des charges à imposer aux compagnies qui sont résolues d'entreprendre des chemins de fer d'intérêt local.

Après avoir lu ce chapitre, le lecteur aura bien compris la loi du 12 juillet 1865, et en fera une application sûre, dans tous les cas qui pourront se présenter dans la pratique.

Le chap. II traite des faits économiques qui ont provoqué la loi du 12 juillet 1865. Ces faits, dont chacun de vous a une connaissance parfaite, n'ont pas besoin de commentaires. La nécessité des voies de circulation rapide s'est imposée comme une condition d'existence pour le commerce et l'industrie, et les grandes lignes ont été créées ; aujourd'hui, il faut établir la vicinalité des chemins de fer, comme il a fallu autrefois

et encore maintenant, établir la vicinalité des routes; il faut à tous des transports à bon marché, il faut des chemins de fers économiques. De là les chemins de fer d'intérêt local et la loi qui les régit.

Le chap. III démontre clairement que cette loi a eu pour but de simplifier toutes les formalités administratives au milieu desquelles se perdait souvent une demande de concession, et comment son application doit être aussi libérale que possible. Les administrateurs départementaux, et les demandeurs en concession pourront s'inspirer utilement des idées émises par l'auteur, pour arriver à la rédaction la plus prompte et la plus avantageuse du cahier des charges.

Le chap. IV complète l'exposé des tendances de la loi du 12 juillet 1865, fait dans le chapitre précédent, en assignant à chacun son rôle dans la mise à exécution. On y voit que, pour être construits et exploités avantageusement, les chemins de fer d'intérêt local devront être créés par l'initiative des propriétaires intéressés et par la réunion de ressources locales qui formeront des compagnies exonérées des frais généraux et des majorations que les gros capitaux imposent toujours aux entreprises qu'ils patronnent.

On voit dans ce chapitre l'administration départementale, soit par le conseil général, soit par le préfet, traitant en dehors des sphères ministérielles, toutes les parties de la concession demandée, jusqu'au décret de la déclaration d'utilité publique qui doit être délibéré en conseil d'État.

De là une décentralisation utile à tous les intérêts. Le chapitre IV examine aussi les bases sur lesquelles doivent être établies les subventions à fournir par l'État, suivant la valeur des centimes dans chaque département. Un tableau indique, pour chaque département, quel peut être le montant de cette subvention.

Dans *le chapitre V*, l'auteur, pour arriver à réduire à sa plus simple expression économique l'existence d'un chemin de fer d'intérêt local, s'est demandé quels étaient les éléments de la construction et de l'exploitation d'un chemin de fer, et il a justement reconnu que, comme dans toute machine complète, un chemin de fer comprend trois éléments caractéristiques : *la puissance*, qui engendre la force et le mouvement, et qui est le *capital*; *les organes de transmission*, par lesquels cette puissance se transforme, qui sont l'ensemble de la superstructure et de l'infrastructure des chemins de fer, et enfin *l'outil*, chargé d'effectuer directement le travail utile, qui sont la locomotive et le rail. Ces trois éléments connus, il s'agit de les combiner pour en tirer le meilleur parti possible.

C'est ce que fait l'auteur dans les chapitres suivants :

Le chap. VI établit qu'on arrivera à ce but :

1° Par l'obtention de la *puissance*, c'est-à-dire du capital, au meilleur marché possible.

2° Par la suppression, dans de justes limites, des *organes de transmission ou intermédiaires* entre la puissance et l'outil.

3° Par le *perfectionnement de l'outil*.

Ces trois propositions capitales étant établies, l'auteur entre dans l'examen de leurs meilleures solutions.

Le chap. VII traite de la formation du *capital*. Le capital est, à juste titre, méfiant ; il ne se donne qu'à bon escient ; il faut donc commencer, quand on veut l'attirer dans une entreprise, par lui prouver l'intérêt qu'il trouvera à s'y associer, et l'on ne peut l'éclairer, s'il s'agit d'un chemin de fer, qu'en lui établissant, avec une loyauté parfaite, les évaluations du trafic probable et des dépenses de construction de la ligne projetée.

L'auteur passe alors en revue, dans ce chapitre VII, les divers moyens qui ont été employés pour établir le revenu probable d'une ligne projetée, soit les renseignements fournis par les maires et l'administration des contributions directes, soit ceux fournis par le mouvement commercial aux gares de jonction, soit ceux que l'on peut tirer du comptage des colis sur les routes. Il signale assez particulièrement la méthode de M. Jules Michel, ingénieur, sur laquelle nous avons fait nous-même une communication à la Société.

Et il conclut, avec raison, que tous ces procédés nécessairement imparfaits doivent être employés pour se contrôler mutuellement.

Le chap. VIII traite de la répartition des dépenses de premier établissement entre les communes, les intéressés, le département, l'État et les sociétés d'exploitation.

Vous y trouverez plusieurs exemples de combinaisons employées dans certains départements, qui sont de nature à favoriser le développement des chemins de fer d'intérêt local, sans sacrifices considérables, et à assurer la réussite de l'entreprise.

Le chap. IX a pour but d'étudier les moyens de constituer le capital. Après avoir établi que les communes doivent prendre une part proportionnée à leurs ressources dans les subventions à fournir, l'auteur démontre qu'elles peuvent le faire, en divisant le payement de leurs subventions en un certain nombre d'annuités qui serviraient de base à un emprunt. L'exploitation des lignes locales venant, d'année en année, augmenter la masse des revenus des communes, ces revenus allégeront le poids des annuités.

Si même les communes, confiantes dans l'avenir de l'entreprise à laquelle elles s'associent, trouvaient un avantage à stipuler, moyennant une

subvention plus élevée, un partage de bénéfices au delà d'un certain chiffre de recettes, le payement des annuités pourrait, au bout de peu de temps, être notablement aidé par les produits du chemin de fer.

Dans certaines communes où se trouvent de riches industriels, comme celle de Munster, en Alsace, ces industriels sont venus en aide en garantissant l'amortissement et l'intérêt de l'emprunt fait par la commune, en cas d'insuffisance de rendement du chemin. C'est un bon exemple à signaler pour qu'il soit suivi dans les pays riches par leur industrie.

Pour les départements, les moyens de fournir leurs subventions sont beaucoup plus faciles. Ils peuvent émettre des obligations remboursables en un certain nombre d'années, dont l'intérêt à 5 0/0 serait garanti. Dans ce cas les compagnies concessionnaires seraient chargées, moyennant le versement annuel du montant des intérêts et de l'amortissement des obligations, d'apurer le service du payement de ces titres. De plus, les départements peuvent stipuler un partage des bénéfices, de manière à rentrer dans une partie de leurs déboursés. Enfin au lieu d'émettre directement des obligations, les départements pourraient purement et simplement garantir l'intérêt et l'amortissement du capital, obligations qui trouveraient immédiatement des preneurs.

Le Crédit foncier de France s'est offert pour ce genre d'opérations; une lettre de son directeur général, M. Frémy, adressée aux communes, établit les conditions de ces sortes d'opérations. Vous la trouverez aux annexes de l'ouvrage. Une fois que le capital des subventions sera assuré, les compagnies locales trouveront alors facilement dans les localités intéressées, le placement de la plus grande partie des actions.

Le chap. X traite des intermédiaires entre le capital et l'outil, et de la suppression des intermédiaires inutiles.

Il s'agit ici de la partie technique des travaux de premier établissement. L'auteur en répartit l'examen sur plusieurs chapitres.

Le chap. XI s'occupe de l'application de la loi du 3 mai 1841, sur l'expropriation pour cause d'utilité publique. Il définit clairement l'usage de cette loi, pour les différentes phases de l'expropriation, jusqu'à l'entrée en possession des terrains nécessaires à l'établissement des chemins de fer. Vous trouverez là, Messieurs, un guide sûr pour marcher dans les voies de la procédure, le plus régulièrement et le plus vite possible, et aux moindres frais possible.

Dans *le chap. XII*, l'auteur examine comment doit se faire, pour être avantageuse, l'organisation des compagnies de chemin de fer d'intérêt local.

Il n'hésite pas à donner la préférence, pour la période de construction proprement dite, à l'initiative des petites compagnies locales. Cette

préférence s'appuie sur la confiance que doivent avoir les uns dans les autres, les individus d'une même contrée, qui se connaissent et se voient chaque jour. Je reconnais que cette confiance peut ne pas être accordée aussi facilement à des étrangers ; mais en général, selon moi, elle ne sera pas suffisante pour donner l'esprit d'initiative qui seul peut entraîner des esprits timorés et vaincre de vieilles habitudes.

Dans le chapitre XIII, M. Level cherche à déterminer quels doivent être les frais généraux, et quelle peut être la composition du personnel des études. Il se montre, dans les pages de ce chapitre, un excellent conseiller, en même temps qu'un excellent camarade, en désignant les élèves de l'École centrale comme étant les ingénieurs les mieux préparés par leur instruction professionnelle, au choix des administrations des compagnies de chemin de fer d'intérêt local. Nous devons remercier M. Level de ses bons souvenirs, car certainement son ouvrage se répandra en France à un grand nombre d'exemplaires, et portera au loin l'appréciation vraie et impartiale de la valeur des élèves de l'École centrale.

Dans ce même chapitre, M. Level traite de la dépense kilométrique probable des frais d'études. Vous y trouverez des chiffres intéressants s'appliquant à des lignes de différentes longueurs.

Le chap. XIV est le complément du chapitre précédent. Il entre plus avant dans les prix de revient des différentes parties des études et de la rédaction des projets. Vous pourrez consulter avec fruit les renseignements qui y sont consignés.

Le chap. XV aborde la question de l'étude du profil en long, et des conséquences économiques qui peuvent résulter d'un bon profil. Cette question, messieurs, vous est trop familière et a déjà été trop discutée devant vous pour que je m'y arrête. Elle est très-bien traitée au livre qui nous occupe.

Le chapitre XVI traite de l'acquisition des terrains, des opérations du jury d'expropriation et des meilleurs moyens de rendre ces opérations favorables aux compagnies de chemin de fer d'intéret local. Vous trouverez là de très-bonnes idées, de très-bons principes ; mais malheureusement, il faut le dire, les expropriations resteront toujours soumises à un aléa effrayant, tant que subsistera le mode de recrutement actuel des jurys.

Le chap. XVII indique quelle doit être la composition d'un dossier d'entreprise de terrassements et ouvrages d'art. Les ingénieurs qui s'occupent de chemins de fer, la connaissent; je n'en parlerai donc que pour

vous signaler une étude de M. Nordling sur la jurisprudence en matière de marchés de terrassement, dans laquelle vous trouverez d'utiles renseignements.

Au chap. XVIII, l'auteur consigne quelques observations sur l'usage des types d'ouvrages d'art, et signale avec raison que ces types doivent varier suivant les besoins et les ressources des localités ; il proscrit en principe, pour ces ouvrages, l'emploi de la pierre de taille, que l'on peut presque partout remplacer avec avantage par des matériaux aussi solides pris dans la localité et plus économiques.

Dans le chap. XIX, M. Level expose la nécessité d'un établissement simple et peu coûteux des bâtiments des stations et accessoires. Vous avez entendu, à ce sujet, des discussions qui vous ont déjà édifiés sur cette nécessité. Je vous recommanderai avec l'auteur les dispositions des stations construites par un de nos camarades, M. Faliès, pour le chemin de fer d'intérêt local de Mamers à Saint-Calais. Nous en faisons une application avantageuse dans nos petites stations du chemin des Charentes.

Chap. XX. Arrivé à ce chapitre, M. Level s'occupe de l'outil destiné à utiliser la puissance, c'est-à-dire de la locomotive, du matériel roulant et du matériel fixe de la voie.

L'auteur traite ici des questions qui n'ont pas besoin d'être développées dans cette enceinte, sur les adhérences, l'effort de traction, le poids des machines. Ces questions vous sont familières ; j'appelle seulement votre attention sur la manière claire dont elles sont présentées dans l'ouvrage de notre camarade. Chacun de vous mettra de suite le doigt sur le renseignement ou sur le chiffre qu'il aurait oublié.

Chap. XXI. Je ne saurais non plus entrer dans les détails qui composent ce chapitre, consacré au matériel roulant destiné aux voyageurs. Les discussions nombreuses qui ont eu lieu à la Société, sur l'initiative de M. Love, à propos des voitures à deux étages, étudiées aux Charentes, et à celles construites par MM. Vidard et Bourrigue, vous ont montré que les deux principaux défauts du matériel roulant actuel, consistent : 1° en une mauvaise utilisation du gabarit de passage des ouvrages d'art supérieurs à la voie ; 2° dans une disproportion exagérée du poids mort et du poids utilement transporté.

C'est donc contre ces deux défauts que doivent lutter les chemins de fer à petit trafic. M. Lebel expose dans son ouvrage les différents moyens employés pour y parvenir.

Incidemment et comme annexe à la question du système à employer pour les voitures à voyageurs, je vous signalerai une cause d'économie

notable dans l'exploitation : c'est que ces voitures soient disposées de manière à ce que l'on puisse faire le contrôle et la perception des places en route, et je vous recommande, comme atteignant ce but, des voitures que notre camarade Desgrange fait construire en ce moment pour le chemin de fer d'intérêt local de Frévent à Gamaches, aux ateliers de MM. Chevalier et Chaylus, je crois.

Chap. XXII. Ce chapitre est consacré au matériel roulant à marchandises. Vous y trouverez tous les renseignements sur le prix de revient kilométrique, suivant la nature et l'importance du trafic.

Chap. XXIII. Ce chapitre contient tous les documents intéressants que l'on peut désirer sur les différentes parties du matériel fixe de la voie. Il peut être très-utile à des personnes étrangères au génie civil, mais ne peut être qu'un memento pour des ingénieurs qui comme vous, ont discuté et expérimenté tous les systèmes de voie et leur valeur.

Ce chapitre termine tout ce qui est relatif à la partie technique de la construction.

Le chap. XXIV commence la troisième partie de l'ouvrage, qui est relative à l'exploitation des chemins de fer d'intérêt local, et explique en quelques mots que le mode d'exploitation à employer doit différer de celui employé dans les grandes compagnies.

Dans le chap. XXV, M. Level cite, à l'appui de cette opinion, celle que M. M. Jacqmin, ingénieur en chef de l'exploitation des chemins de fer de l'Est, a exprimée dans le même sens, dans son *Traité de l'exploitation des Chemins de fer*, où cet ingénieur déclare que les lignes secondaires sont nées viables, à la condition de n'être point englobées dans les réseaux des grandes compagnies, et de rester la propriété de sociétés particulières tout à fait indépendantes. Cette opinion est encore corroborée par celles de MM. Lan et Bergeron, qui sont consignées dans un travail très-intéressant fait par ces ingénieurs sur la construction et l'exploitation des chemins de fer en Écosse, après une enquête dont ils avaient été chargés par le gouvernement.

Dans le chap. XXVI, M. Level entre dans le détail de l'organisation de l'exploitation, aux points de vue de la gare de bifurcation, de la comptabilité des gares, et de leur personnel. Je ne le suivrai pas dans tous ces détails, qu'une analyse ne ferait pas apprécier, mais je demanderai la permission de m'arrêter un instant sur l'organisation de la gare de bifurcation. M. Level recommande en ce point la gare commune, avec laquelle se raccordera le chemin de fer d'intérêt local ; et il donne les moyens d'organiser le service commun, et d'en payer les frais. En exa-

minant ces moyens. il s'arrête à l'idée que les grandes compagnies ont intérêt à n'être pas exigeantes sur la participation à demander à une compagnie d'intérêt local pour l'exploitation de la gare commune; j'irai encore plus loin que M. Level, et je dirai qu'à leur point de raccordement avec les grandes lignes, les chemins de fer d'intérêt local devront non-seulement ne pas avoir de gare à établir, mais encore ne payer aucun frais d'établissement de gare. Il faudra que les grandes compagnies, comprenant bien leurs propres intérêts, considèrent les chemins de fer d'intérêt local comme des messagers, comme des camionneurs qui leur apportent voyageurs et marchandises, et leur ouvrent leurs gares toutes grandes, sans aucune rétribution. C'est ce que nous faisons aux Charentes. Mais s'il n'est pas possible d'arriver à cette heureuse entente, je prétends qu'il n'y a d'exploitation possible, surtout pour un chemin de fer d'intérêt local, qu'avec une gare séparée, accolée à la gare de raccordement, et se joignant avec elle, au moyen de plaques, s'il s'agit de mouvement de wagons isolés et de changements de voie et de voies de communication, s'il s'agit de mouvement de trains complets.

Cette opinion demanderait à être développée plus longuement que je ne puis le faire ici à propos du compte rendu du livre de M. Level. Il me suffit de l'indiquer pour qu'elle éveille les esprits dans une société d'ingénieurs où beaucoup s'occupent de chemins de fer. La Compagnie des Charentes, sous l'impulsion de son directeur, M. Love, en a fait sa loi pour toutes les gares de jonction avec la Compagnie d'Orléans. Le Conseil général des ponts et chaussées est saisi de projets faits dans ce sens, et s'occupe très-ardemment de cette question soulevée pour la première fois officiellement par une compagnie de chemin de fer, et j'ai lieu de croire qu'après une résistance opiniâtre, le principe des gares séparées sortira triomphant de cette haute assemblée.

Le chap. XXVII traite du trafic et des moyens de le développer. Il faut lire ce chapitre pour en apprécier la portée; l'étude d'un trafic et son développement étant composés d'éléments très-complexes et très-variables.

Dans le chap. XXVIII, M. Level aborde la question des tarifs. On ne saurait, dit-il, assimiler, pour les tarifs, les compagnies de chemins de fer d'intérêt local aux grandes compagnies.

Et il a raison; il faut que ces compagnies aient des tarifs qui leur permettent de vivre, et que ces tarifs varient avec le trafic. Il doit donc à mon sens, y avoir liberté absolue de ce côté, d'autant plus qu'il est certain que quelque élevés que soient ces tarifs, par rapport à ceux des grandes compagnies, ils seront toujours bien plus économiques pour le public que ceux des transports par les routes de terre. Une compagnie de chemin de fer d'intérêt local doit donc avoir le droit d'élever les

tarifs, dans la mesure de ses besoins ; elle sera le meilleur juge pour arrêter cet exhaussement au prix qui lui conservera la faveur du public.

Chap. XXIX. Ce chapitre traite de la sécurité et de la régularité des services de l'exploitation, et démontre que si les compagnies des chemins de fer d'intérêt local doivent être tenues, comme les grandes compagnies, à assurer cette sécurité, elles n'en doivent pas moins jouir d'une liberté d'action complète dans tous les détails du service. Il sera toujours facile de ne rien compromettre sur des chemins de fer qui, n'ayant qu'une voie, auront un mouvement de train très-réduit, et qui même seront exploités en navette, lorsque la longueur n'excédera pas 25 à 30 kilomètres.

Vous trouverez, d'ailleurs, à ce chapitre, tous les règlements et documents qui régissent le service à voie unique sur les chemins de fer.

Chap. XXX. Il s'occupe des conditions générales d'une exploitation économique. L'auteur y consigne les opinions que les grandes compagnies ont déposées à l'enquête que le gouvernement a ouverte sur ce sujet en 1863. Vous lirez ces opinions avec intérêt. M. Level énumère les principales causes d'économie dans l'exploitation des chemins de fer d'intérêt local, qui sont les suivantes :

La diminution du personnel affecté au service des voyageurs ;

La manutention des marchandises par les expéditeurs et les destinataires ;

La liberté absolue dans la fixation du nombre, de la composition et de la vitesse des trains ;

La suppression du service de nuit ;

La suppression de l'obligation de desservir les services publics, obligation déjà si onéreuse pour les grandes compagnies.

La réduction des frais de contrôle.

Il faut évidemment que les chemins de fer d'intérêt local aient tous ces avantages pour s'exploiter économiquement.

Dans le chap. XXXI, qui termine la troisième partie de son ouvrage, M. Level établit les chiffres des dépenses des services qui composent l'exploitation, savoir :

Administration et frais généraux ;
Dépenses de l'exploitation proprement dite ;
Matériel et traction ;
Entretien et surveillance de la voie et des bâtiments ;

Et, comme exemple, M. Level applique les calculs qu'il vient de parcourir à un chemin de 20 kilomètres.

Vous trouverez, messieurs, tous ces documents établis avec clarté et intelligence complète de la matière.

Le chap. XXXII commence la quatrième partie de l'ouvrage de M. Level qui est tout entière consacrée à l'examen des divers systèmes de chemins de fer à voie étroite et à transbordement. Cet examen se prolonge dans les chapitres 32, 33, 34, 35 et 36. Vous avez, messieurs, non pas épuisé, mais bien approfondi la discussion sur ces chemins à voie étroite, dont l'intérêt et l'utilité sont incontestables, dans certaines conditions données, ainsi que l'ont si bien prouvé nos camarades, MM. Molinos et Pronier, en construisant le chemin de fer de la sucrerie de Tavaux-Ponsécricourt. Il me semble superflu de rouvrir cette discussion, que bien des occasions d'actualité pourront faire renaître, et qui a convaincu tout le monde, que les chemins à voie étroite étaient aussi nécessaires à propager, au-dessous d'un certain rendement kilométrique, que les chemins à grande voie. Vous retrouverez les principaux motifs de cette conviction réunis dans l'ouvrage de M. Level.

Je ne crois pas non plus devoir rendre compte, autrement que pour le citer, du *chap. XXXVII*, où l'auteur parle du système de M. Larmanjat. Notre camarade Morandière en a fait l'objet d'une communication et d'une discussion à la Société, qui ont été suivies d'une note par le même ingénieur, très-goûtée et très concluante. Vous trouverez beaucoup plus d'intérêt à vous reporter et au livre de M. Level, et à cette note de M. Morandière, qu'aux considérations que je pourrais vous présenter ici. Mes conclusions seraient d'ailleurs, sur le système Larmanjat, toutes conformes à celles de M. Morandière.

La cinquième partie de l'ouvrage de M. Level, qui commence le *chap. XXXVIII*, est tout entière consacrée à l'avenir des chemins de fer d'intérêt local. Le *chap. XXXIX* établit la situation actuelle des concessions de ces chemins, faites en France; elle prouve qu'il y a beaucoup à faire encore.

Et je ne puis, pour terminer, que m'associer aux vœux et aux aspirations noblement exprimées par M. Level, dans son dernier *chap. XL*, pour voir arriver l'ère de prospérité que ces chemins de fer d'intérêt local sont appelés à préparer à la France. C'est à nous, ingénieurs civils, à seconder de tous nos efforts ce progrès si nécessaire de l'industrie des transports.

En résumé, vous voyez, messieurs, que le livre que je viens d'analyser mérite tout votre intérêt. M. Level a fait un bon ouvrage, un ouvrage

utile, qui vient très-à-propos, et qui certainement rendra de grands services, en devenant comme le barême autorisé des chemins de fer d'intérêt local. Je n'en veux pour preuve que son succès déjà constaté dans le public, et la faveur dont vient de l'honorer le Ministre des travaux publics, en achetant cent exemplaires pour les envoyer dans les départements de France. C'est un juste hommage rendu au mérite de notre camarade, M. Level, et auquel, j'en suis sûr, vous applaudirez [illegible].

NOTE

SUR LES

TRANSFORMATIONS DE LA MARINE A VAPEUR

PAR M. JULES GAUDRY

M. le vice-amiral Pâris, auteur du *Dictionnaire de la marine, du Catéchisme du mécanicien*, du *Traité de l'hélice*, et autres ouvrages de premier ordre, a fait hommage à la Société des ingénieurs, de son nouveau livre intitulé : *l'Art naval à l'Exposition universelle de* 1867, *augmenté des derniers perfectionnements et inventions maritimes jusqu'à* 1869.

Chargé par M. le président de vous en présenter le compte rendu, je n'ai pas besoin de dire quels remercîments sont dus à l'auteur, pour l'offrande de ce colossal ouvrage de 1300 pages et 56 planches, fait, en moins de deux années, écrit avec une verve attachante, et formant la véritable Encyclopédie des transformations prodigieuses qui ont eu lieu récemment dans toutes les marines.

Toutefois, les travaux français tiennent peu de place dans l'ouvrage de M. Pâris : ce n'est évidemment pas par dédain ; mais M. Pâris, écrivant pour nos praticiens qui ont leurs propres œuvres sous les yeux et dans les mains, a pensé que ce qui importait était de leur faire connaître les travaux étrangers, comme base d'études comparatives.

En effet, surtout entre la France et l'Angleterre, on constate des divergences d'idées, des tendances contraires, qui ont donné lieu à des controverses animées, dont la Société des ingénieurs civils n'a pas manqué d'avoir sa part, et qui ont fait pousser un cri d'alarme patriotique sur les systèmes qui prévalent en France.

C'est pourquoi M. le Président ne m'a pas permis de me borner à un simple compte rendu de l'ouvrage de l'amiral Pâris. Il lui a paru nécessaire d'en prendre occasion, pour caractériser les particularités qui font des navires récemment construits une marine toute nouvelle, où les engins mécaniques jouent le rôle principal. Aussi le génie civil et l'industrie privée y ont-ils pris la plus grosse part en Angleterre.

Cette étude, que je m'appliquerai à limiter aux objets qui ne s'écartent pas du cadre usuel de nos travaux, demandera nécessairement une étendue qu'on excusera avec bienveillance, par égard pour des industries qui ont figuré rien moins qu'avec magnificence au Concours universel de 1867. Je ne fais d'ailleurs qu'acquitter la dette de la 24e section de nos études sur l'Exposition, dont j'étais membre.

Jamais on n'avait exhibé une si considérable collection de machines, modèles et dessins, depuis le vaisseau jusqu'au moindre article de gréement.

La Russie, la Suède, les Pays-Bas, la Prusse, l'Autriche, l'Italie, la Grèce, l'Espagne, la Turquie, les États-Unis d'Amérique, le Brésil, le Canada, l'Australie ont fourni leurs nombreux spécimens, à côté de la France et de l'Angleterre, qui ont eu incontestablement le premier rang.

Il faut rendre surtout hommage au libéralisme avec lequel l'Angleterre a présenté les plans et modèles résumant toute l'histoire de sa marine, et fait connaître la dernière expression de ses progrès dans l'art de traverser les mers et détruire les flottes ennemies. L'amirauté a-t-elle ainsi prétendu convaincre qu'elle tenait, plus que jamais, la *domination de la mer*, si chère à son patriotisme ; ou bien a-t-elle voulu prouver qu'avec les navires et engins d'aujourd'hui, d'une part, il n'y a plus d'entreprise maritime impossible, et que, d'autre part, la guerre n'est plus qu'une extermination respective? Chacun décidera, et va, en tous cas, reconnaître la vérité de cette double formule dans ce qui va suivre.

Occupons-nous aujourd'hui du navire lui-même, plus tard viendra l'étude de son moteur à vapeur.

I

CONSIDÉRATIONS SUR LA MARINE EN GÉNÉRAL.

Si nous embrassons d'abord la marine dans son ensemble, sans distinction de celle du commerce et de la guerre, nous constaterons la prépondérance de plus en plus grande de la vapeur sur les voiles[1] et des constructions en fer sur celles en bois, même dans la marine à voiles.

1. Comme les steamers en nombre réduit effectuent beaucoup plus de service que les voiliers, le nombre de ceux-ci a dû diminuer, ce qui fait dire que la marine est en baisse, et que l'effectif des navires s'amoindrit. Nous ne croyons pas cependant que le tonnage total embarqué ou débarqué se soit amoindri lui-même dans l'immense mouvement commercial de notre temps. La vérité est qu'un plus petit effectif de navires a pu suffire à ce transport. L'enquête maritime mettra sans doute ces faits en lumière, sans qu'on puisse cependant en conclure qu'il n'y a rien de fondé dans les souffrances des ports, ni rien à faire pour ménager la transition vers un progrès véritable.

Le mémoire de M. Lissignol, membre de notre Société, n'a pas été sans influence sur cette dernière propagation. Aujourd'hui, tous les steamers de transport, les bateaux-portes d'écluses, les chaloupes principales et même des chalands de navigation fluviale, se construisent en fer.

Pour la marine militaire, lorsqu'on fit, en 1844, des expériences de tir sur les coques en fer, on fut tellement effrayé des ravages produits et de la difficulté de les réparer, qu'on considéra comme inapte à la guerre tout autre système que les bâtiments de bois, bien qu'il n'y eût aucun doute sur leurs défauts. Les résultats furent moins décourageants dans la campagne de Chine, quoiqu'on n'ait pas pu comparer les canons des forts du Céleste Empire à l'artillerie européenne.

En 1860, parut le célèbre Mémoire de Scott Russel, qui passionna tant le public en Angleterre, et que je fus chargé d'analyser dans une de nos séances. Il y était établi que le plus robuste vaisseau de bois ne résisterait pas cinq minutes aux projectiles actuels, mais qu'avec un blindage les constructions en fer pouvaient affronter le combat avec plus de garanties que le bois. La marine en fer fut décidée. Il existe en ce moment partout un grand nombre de bâtiments de guerre, non-seulement cuirassés, mais totalement en fer, comme les steamers du commerce.

La particularité caractéristique de ces nouvelles constructions est d'être à double fond. Souvent celui-ci remonte latéralement contre les deux murailles, en sorte que le navire se compose littéralement de deux coques l'une dans l'autre, l'entre-deux étant divisé, à la façon du *Great-Eastern*, par les diverses pièces de la membrure, en une multitude de cellules étanches, dont une partie notable peut se remplir par les voies d'eau, sans compromettre l'existence du bâtiment; le tout sans préjudice des murailles dans tout le travers, dites cloisons étanches, qui existent aujourd'hui en tout navire.

Mais ces coques en fer, cellulaires ou non, conservent un inconvénient dont rien n'a pu encore triompher : c'est l'attache des herbes et des coquilles sur la carène. Ni les couleurs arsenicales, dont l'effet n'est que passager, ni les revêtements de cuivre ou de zinc, qui engendrent des courants galvaniques destructeurs, n'ont pu empêcher cette accumulation de parasites, extraordinaire surtout sous les climats torrides, qui entrave la vitesse en couvrant les fonds de navires. C'est un curieux spectacle que celui de la mise à sec d'une coque en fer, au bassin de carénage[1].

1. Il y a des navires qui sont obligés de passer tous les six mois au bassin de carénage. Il suit de là qu'il n'y a plus de port commercial sans bassin de carénage bien organisé et d'un usage peu onéreux pour l'armateur. Ces bassins sont très-nombreux sur la Tamise et la Mersey, et ils appartiennent à des entreprises privées qui ont autant d'intérêt que les armateurs à en faciliter l'emploi. Ces mêmes bassins de carénage manquent trop à nos

Quoi qu'il en soit, ce n'est plus guère qu'aux États-Unis qu'on fait, (même pour les combats) des bâtiments de bois. Le fameux *Dunderberg*, devenu le *Rochambeau* de notre marine impériale, qui l'a acheté, dit-on, 12 millions, restera un curieux type en ce genre. Certaines parties de sa muraille se composent de madriers, sur une épaisseur de $2^{m},40$, et dans cette énorme construction de 115 mètres de long, sur 20 mètres de large, il n'est entré rien moins que les bois d'une forêt.

On rencontre, sous le nom de *construction composite*, un système intermédiaire où tout le squelette est en fer, et solidairement relié pour former un tout solide, avec un revêtement extérieur ou bordage en bois. M. Armand, de Bordeaux, a commencé ce système avec peu de faveur; il paraît qu'il se répand en Angleterre. Ces constructions sont économiques et propres à éviter l'attache précitée sur les carènes.

En Europe, on ne construit pas en fer seulement les coques, mais aussi les mâts, les vergues et les cordages principaux.

Une disposition remarquée à l'Exposition consiste à arcbouter les bas-mâts par des bigues ou poutres inclinées, au lieu de les retenir par les cordages classiques appelés haubans; c'est ce qu'on nomme les *mâts en trépied* du capitaine Coles.

Le gréement en fer est, dans l'ouvrage de M. Pâris, l'objet de longs développements d'intérêt pratique. Son histoire n'y est pas oubliée: MM. Marquet, Labrousse, Mazeline et M. Pâris lui-même, y ont leur part. Quant aux conditions d'établissement, M. Pâris conclut que les cordages en fil de fer sont généralement avantageux, mais les mâts et les vergues en tôle de fer ou d'acier ne sont économiques que sur les navires de plus de 1000 tonneaux. Les dimensions extérieures ne diffèrent pas de celles des pièces similaires en bois. Trois feuilles de tôle, épaisses de trois millimètres, les plus longues possibles et légèrement cintrées dans le travers, forment le pourtour des bas-mâts. Les viroles cylindriques dont se compose un mât doivent être emmanchées l'une au bout de l'autre par une longue portée bien dressée, en évitant que l'effort, qui agit ici par compression de haut en bas, porte sur les rivets, qui seraient cisaillés.

Les rivets eux-mêmes doivent se poser à chaud; il faut percer leurs trous à la mèche et non à la machine à poinçonner, qui casse souvent les entre-deux des trous, à l'insu des agents réceptionnaires, tant les ouvriers sont habiles à dissimuler ces casses.

Si nous revenons à considérer la coque dans son ensemble, nous remarquerons une tendance marquée à faire les fonds presque plats, comme en rivière, pour tirer moins d'eau, et à supprimer la quille classique, que remplacent deux nervures équidistantes de l'axe et assez éloignées.

ports. C'est beaucoup quand il y en a deux; heureux si le service n'y est pas gêné par notre usuel abus de réglementation administrative.

Il y a, au contraire, tendance à affiner les lignes d'eau par l'allongement des carènes, mais surtout à conserver cette finesse de lignes jusqu'à la lisse de plat-bord, ce qui divise l'eau, quelle que soit l'immersion de l'avant au tangage, au lieu de butter contre le flot comme les anciens navires à proue évasée, qu'on voulait au contraire défendre contre la mer. Le navire file ainsi en quelque sorte *entre deux eaux* dans les gros temps, inconvénient qu'on ne redoute pas, quand l'avant du pont est suffisamment couvert.

Tel est maintenant le type marquant des clippers, des yachts et des paquebots à grande vitesse; les transports eux-mêmes ne font guère exception, sauf à donner un peu plus d'allongement à la coque. Il a été démontré dans nos séances mêmes que, bien que la longueur ne fût pas sans influence sur la résistance à la marche, celle-ci était principalement en raison de la maîtresse section et de l'acuité du solide antérieur. Après de longues hésitations sur les proportions respectives voulues entre la longueur et la largeur des coques marines, c'est l'allongement qui prévaut aujourd'hui. Le rapport, qui ne dépassait pas 6 il y a quelques années, atteint 8; très-souvent il va jusqu'à 10. Suivant M. Pâris et M. Verlaque, ingénieurs des chantiers de la Seyne, on le portera bientôt à 12. C'est là un des grands faits de la marine moderne; il n'a été possible qu'avec les coques en fer, qu'on peut comparer à ces poutres creuses pour ponts et autres, dont nous connaissons la longueur pour ainsi dire illimitée.

Toutefois, le navire de commerce et le bâtiment de guerre offrent ici une grande différence : le premier va devant lui, et son allongement n'est limité que par les raisons de solidité et de stabilité. On se préoccupe peu de ses qualités évolutoires.

Quant au bâtiment de guerre, plus il est long, plus il porte de cette cuirasse qui est si lourde; et, d'ailleurs, sa condition capitale est d'évoluer facilement, ce que ne permet pas l'excès de longueur. Notre marine française, sous la direction de M. Dupuy de Lôme, était restée à cet égard dans des limites très-sages; l'amirauté anglaise y revient, dit M. Pâris, après s'en être considérablement écartée.

II

PARTICULARITÉS FONDAMENTALES DES TRANSFORMATIONS MODERNES.

Après avoir exposé les tendances générales des constructeurs, nous avons à caractériser les particularités de la nouvelle marine.

Les paquebots et transports du commerce ne diffèrent des anciens que par leur grand allongement que la construction en fer permet de réaliser. On s'est expliqué suffisamment, dans ce qui précède, sur l'en-

semble des formes qui restent très-variées dans le détail; nous ajouterons qu'on est arrivé à des merveilles d'élégance, de confortable et de sécurité, avec une légèreté inconnue jusqu'ici.

Le bâtiment à hélice est devenu la règle pour la grande navigation, et on a construit récemment très-peu de paquebots à roues, même en rivière. Le bâtiment mixte à grande voilure et machine à vapeur, simplement auxiliaire, continue à se généraliser, et il fait la fortune de ses armateurs.

L'*Hymalaya* de MM. Mare et Penn reste toujours l'un des plus beaux types de cette classe. C'est le système adopté par la Compagnie Inman de Liverpool, et la Compagnie hambourgeoise du Havre, dont les coques sont de première grandeur, avec des machines d'environ 600 chevaux, très-économiques.

Les dimensions fondamentales de ce beau navire sont données dans un tableau comparatif annexé ci-après à cette note, et où sont relatés les autres bâtiments mentionnés comme types des constructions actuelles. A côté de l'*Hymalaya*, qui n'est pas un navire neuf quant à la date de sa construction, nous donnons comme exemple d'un transport moindre la *Sapho*, dont la machine de Penn était une des merveilles de l'Exposition universelle.

Pour les paquebots à grande vitesse, dont la Compagnie transatlantique et la Compagnie Cunard ont le monopole onéreux, il suffira de citer comme type parfait le *Pereire*, construit par Napier, et qu'un grand nombre de descriptions ont fait suffisamment connaître. Quand nous parlerons des machines, nous verrons ce que coûte la grande vitesse en mer, et à quel point sont ruineuses ces luttes de célérité qui ont perdu pour le commerce beaucoup de leur importance, depuis que le télégraphe échange avec les pays d'outre-mer les dépêches urgentes.

Nous arrivons à la marine militaire : celle-ci a été révolutionnée de fond en comble. Ce ne sont plus seulement les marins du dernier siècle qui seraient stupéfaits à la vue des navires actuels; les constructions auxquelles donna lieu le grand mouvement du dernier règne, et qui produisit en France le *Napoléon* et la *Bretagne*, sont elles-mêmes abandonnées, et l'on ne classe plus sur les états les frégates à roues.

On distinguait autrefois dans la marine militaire des classes déterminées de navires, telles que vaisseaux, frégates, corvettes, etc., de dimensions différentes, mais toujours de vitesse et conditions fondamentales de service uniformes. Aujourd'hui, la variété est indéfinie, comme la gradation d'un type à l'autre, et à peine pouvons-nous distinguer trois classes un peu tranchées, savoir : les transports, les frégates et les monitors, ainsi nommés du premier navire en ce genre, qui fut si célèbre dans la guerre d'Amérique.

Les transports pour troupes, chevaux et matériel, ainsi que les yachts et les estaffettes, ne diffèrent des paquebots du commerce que par la

dans la guerre d'Amérique, et on se rappelle qu'ils ont eu pour devanciers les batteries flottantes françaises de la campagne de Crimée, en 1855, dont le premier projet est attribué à l'empereur Napoléon.

Les monitors sont moins des navires proprement dits que des machines infernales à peu près sous-marines, caractérisées par une ou plusieurs tourelles tournantes, abritant à fleur d'eau des canons qui peuvent tirer en tous sens sans que le navire ait besoin de se déplacer. Rendus ainsi terribles par leur artillerie de premier ordre, ils sont en même temps invulnérables par l'effet de la cuirasse en fer de 20 centimètres et plus, qui couvre le pont lui-même devenu un toit de casemate; l'immersion de la coque sous l'eau achève de la dérober aux coups de l'ennemi. Ils n'ont pas de mâture; ils ne montrent émergés que la cheminée des chaudières, et les réduits ou tourelles où sont l'artillerie et le gouvernail.

Les monitors sont aujourd'hui nombreux dans toutes les marines. Ils sont très-variés de formes, mais ils se distinguent généralement par leur faible tirant d'eau. Le monitor américain *Nauset* ne cale que 2 mètres 50 centimètres.

Les monitors ont, dans leur ensemble, cinq particularités constitutives que les frégates elles-mêmes leur empruntent, et que nous allons relater, moins au point de vue militaire qu'à celui de la construction mécanique, savoir : l'immersion, les canons sur affût à coulisses, les tourelles, la cuirasse et l'éperon.

1° IMMERSION.

Le temps de ces beaux navires à plusieurs étages au-dessus de l'eau est passé; il n'existe plus de vaisseaux de ligne à deux et trois ponts. La frégate, qui les remplace, tire autant d'eau que ces anciens vaisseaux, sans être pour cela plus élevée sur l'eau que les anciennes frégates.

Le navire à réduit, qui caractérise la batterie flottante, et le monitor que distingue particulièrement la tourelle, sont presque entièrement immergés, sans mâts, et ne présentent hors de l'eau que le bout de la cheminée des chaudières, ainsi que la tourelle ou le réduit du canon qu'on prendrait au loin pour une bouée à peine visible au milieu des vagues. Il donne son coup, se dérobe à toute vapeur au coup de réponse; s'il n'y avait la cheminée fumeuse qui trahit sa place, on ne saurait tirer sur lui-même qu'au jugé. Avec un équipage alerte et audacieux, si le bâtiment a de bonnes qualités, il peut faire presque impunément un mal affreux.

Mais l'immersion même de ces navires y a singulièrement modifié les conditions d'existence des hommes à bord : les ouvertures accoutumées pour donner l'air et la lumière sont impossibles : des monitors, dont on avait démasqué les écoutilles du pont en temps calme ont été surpris par des vagues imprévues, remplis et coulés corps et biens. Il faut donc ventiler artificiellement, comme premier besoin de la vie, ces espaces où

300 hommes sont plongés sans jour et sans air, où les chaudières à vapeur rayonnent 45 degrés de chaleur et plus, où règne une atmosphère de fumée, de poudre et d'émanations putrides, provenant de la cale et des chambres. Avec M. Pâris, il faut admirer la résignation de l'équipage à de telles souffrances, ainsi que l'entente de tous ceux qui ont travaillé aux installations. C'est ce défaut d'entente qui cause ordinairement les méprises et finalement les catastrophes.

Ces clôtures hermétiques des nouveaux bâtiments nécessitent des installations inusitées pendant la construction même, lorsque les ponts et bordages sont posés. Ainsi, en pleine journée de juin, j'ai vu chez Napier, à Glascow, le gaz installé à demeure à tous les étages de la frégate en chantier *l'Hector*, comme en nos ateliers dans les soirées d'hiver, sans quoi les ouvriers n'auraient pas pu travailler.

La ventilation des navires de guerre en campagne est vraiment encore dans l'enfance de l'art; elle a été étudiée un peu en Angleterre, davantage en Amérique. En France, la marine a peu profité des belles études sur la ventilation des édifices publics par le général Morin, M. de Montdésir et autres connus de la Société.

Deux classes d'appareils ventilateurs sont employés dans les navires : Les Américains installent des tambours à palettes, comme ceux des forges maréchales, qui aspirent l'air du dehors par le centre, et le refoulent dans un gros conduit; chaque compartiment distinct du navire y prend l'air en ouvrant un obturateur qui lui est propre. Il est probable, bien qu'on ne le dise pas, que le second ventilateur constaté à l'Exposition sur les plans et les modèles agit en sens inverse, et qu'il aspire dans le navire l'air vicié et le refoule au dehors. Dans le *Nauset* déjà cité, et d'après M. Pâris, les ventilateurs ont des tambours de 1^{m} 50 de diamètre, sur 0,80 d'épaisseur, mus par un moteur spécial qui paraît avoir 20 chevaux de force.

L'autre système de ventilateur usuel en Angleterre, consiste à ménager des séries de tuyaux adducteurs de l'air frais, pris au dehors par les *manches à vent* accoutumées, et d'autres tuyaux éducteurs de l'air vicié, qui aboutissent à des cheminées d'appel spéciales, lesquelles ne sont autres que les mâts creux en tôle. Mais ils ne sont effectifs que lorsqu'ils sont chauffés au pourtour par le soleil. On a aussi adossé les cheminées d'appel sur les cheminées des chaudières, du four de la boulangerie, de la cuisine; en un mot, partout où l'on a pu utiliser un foyer de chaleur sans être obligé de lancer dans la cheminée d'appel un jet de cette vapeur si précieuse à bord d'un navire.

2° CANON.

Le canon de marine ne peut être omis dans cet exposé, car il est devenu un curieux appareil mécanique. Autrefois la puissance d'un bâtiment

de guerre s'évaluait au nombre de ses canons en batterie ; quand on nommait une frégate de 40 canons, un vaisseau de 120, on se représentait aussitôt dans l'esprit leurs proportions et leur équipage. Aujourd'hui, le nombre des canons n'est plus en rapport avec l'importance du navire; la plus grosse frégate en compte à peine 10 ou 12, et il y a des bâtiments formidables qui n'en possèdent que deux. Mais quels canons ! Auprès d'eux, dit l'amiral Pâris, l'ancien canon de 50 ne lance plus que des chevrotines.

Le canon Armstrong envoie des boulets de 270 kilogrammes, qui ont percé des cuirasses de 15 centimètres, à 1420 mètres de distance. Dans les expériences de Schœburynes, on a mis en but un massif de bois et fer épais de 1m,30, représentant la muraille cuirassée du vaisseau *l'Hercule ;* il a été détruit en deux coups, avec 43 kilogrammes de poudre, à la distance de 350 mètres. Hâtons-nous de dire qu'il faudrait un hasard bien malheureux, ou tout au moins un bien merveilleux pointage, pour que deux boulets vinssent ainsi en mer frapper un navire à la même place; le roulis gêne le tir, le bâtiment visé a des surfaces fuyantes, que le boulet terrible, s'il vient d'équerre, ne fait qu'affleurer; d'ailleurs le poids énorme de cette artillerie, son prix ruineux, sa rapide usure, ses dangers pour les servants, se réunissent pour les rendre moins menaçants. D'après le journal *Engineering*, la plupart des fameux canons américains, dits de 15 pouces, ont été rapidement détruits. On se rappelle la pièce monstre de l'Exposition prussienne, en 1867. Je rapporte, sous toute réserve, l'affirmation qu'on m'a faite, qu'elle n'a pas tardé à faire explosion en tuant les hommes, et qu'un amiral étranger avait dit à sa vue qu'il aimerait mieux être devant qu'à côté quand on la tirerait.

Il n'en est pas moins vrai que le canon qui suit peut être regardé aujourd'hui comme courant :

Diamètre de bouche.	24 cent.
Charge de poudre..	24 kil.
Poids du boulet..	144 kil.
Poids du canon.	14.550 kil.
Poids de l'affût entier.	6.500 kil.
Poids de la pièce prête à tirer.	33.000 kil.

Le canon de 42 centimètres pèse 37 tonnes; avec son affût, les accessoires et la charge, il pèse 59 tonnes en nombre rond.

Malgré le désastre vrai ou prétendu du canon prussien, l'artillerie de marine se fait aujourd'hui ou en fonte ou en acier doux, fondu d'un seul bloc, et corroyé sous des pilons de 25 tonnes au moins. En outre, toute la partie correspondant à l'âme, où se fait la déflagration du gaz, est frettée avec des cercles qui ne sont autres que nos bandages de roues de wagons dépourvus de leur boudin.

Le système proprement dit des canons de marine est aussi varié que

le mode de construction. Celui de Withworth est un des plus curieux : l'âme est hexagonale et en même temps contournée en spirale. Le boulet est allongé, ogival et d'une forme hélicoïde correspondant à l'âme du canon, qui le fait ressembler à un fragment de colonne torse. Il est en acier trempé, explosif, mais n'éclatant qu'après avoir percé la paroi ennemie. Le canon lui-même est en acier comprimé, au moment où la coulée vient de se faire. Cette pièce, que les Anglais regardent comme la première du monde, a supporté dans les essais, dit-on, la moyenne de 3000 coups. On l'ajuste avec un outillage spécial, l'un des plus beaux ouvrages de Withworth.

Le canon de marine est aujourd'hui d'un tel poids, qu'il n'est plus maniable à bras d'hommes. Son affût est donc un très-intéressant appareil mécanique, où par un jeu soit de presse hydraulique, soit d'engrenage ou de vis, on pointe le canon et on le ramène après son recul. Deux pièces principales constituent l'affût : une base ou coulisse, composée de deux longerons entre-toisés et montés sur galets; elle ressemble à notre chariot ou pont roulant des gares et ateliers de chemins de fer, servant à changer de voie les machines et wagons, avec cette différence qu'elle tient par l'avant à la muraille du navire, au moyen d'une cheville ouvrière et d'une barre de traction, qui ne permet au chariot qu'un déplacement horizontalement circulaire. L'affût proprement dit, qui porte le canon par les deux tourillons accoutumés, est pareillement en fer, et il glisse dans le recul par la base précédente comme un traîneau. Une longueur d'environ 2 mètres est laissée à cet effet[1], des taquets extrêmes servent d'arrêts; ils sont parfois remplacés par des heurtoirs à ressorts, analogues à ceux de nos chemins de fer.

3° TOURELLE.

La tourelle, qui constitue la principale originalité des nouveaux bâtiments de guerre, est attribuée par M. Pâris au capitaine anglais Coles, en 1855, comme première idée, et comme application pratique, au Suédois Éricson, dans la guerre d'Amérique.

1. Une idée remarquable, pour limiter le recul, a été, dit M. Pâris, celle d'un ouvrier d'Éricson, et elle aurait d'autres applications. C'est de multiplier les surfaces de frottement en plaçant entre les longrines des châssis six ou sept lames de fer entre lesquelles passe le même nombre, plus un, de languettes attenant à l'affût et qui doivent glisser entre les lames. Il en résulte qu'en comprimant les languettes on a un frottement sur huit ou dix surfaces, pour une même compression, et qu'on produit une résistance plus considérable par un mince effort de pression sur le frein. Les Anglais ont contesté cette invention à l'Amérique; mais, d'après ce que je sais, elle a l'origine que j'indique. Elle est adoptée partout pour les gros canons, dont le recul est limité, parce que, malgré leur poids énorme, ils sont encore trop légers pour le travail qu'on leur impose.

La tourelle, proprement dite, contient généralement deux canons formidables ; elle pivote et dirige ses feux sur tous les horizons, quelle que soit la position du navire. Quelquefois le canon pivote seul dans une tourelle fixe, analogue à un puits. Il dépasse alors ses bords et reste à découvert, les hommes et l'affût sont seuls protégés latéralement. Le plus souvent, les canons et la tourelle tournent ensemble. Celle-ci est entièrement couverte, et les canons tirent par une embrasure ou sabord.

Les plus gros canons, sur affût à coulisse, exigent environ 7 mètres pour diamètre intérieur de tourelle.

Je ne puis mieux définir l'appareil qui fait pivoter le canon, avec ou sans la tourelle, qu'en constatant sa complète ressemblance avec notre plaque tournante des chemins de fer, du premier ordre, avec treuil de manœuvre et couronne dentée fixée au pourtour de la fosse. Mais son travail à bord est bien autre que celui de nos gares, même pour tourner les locomotives Engerth : avec les deux canons montés, la tourelle, la table elle-même, les hommes et les accessoires, le tout peut aller à 300 tonnes, à mouvoir par le treuil dans tous les temps. C'est, en outre, un problème difficile pour le constructeur, que d'installer un pareil poids sur un même point du navire sans nuire à sa solidité et à sa stabilité.

La généralité des monitors n'a qu'une seule tourelle dans l'axe du navire, et vers le plan du méta-centre. Un des projets de l'amiral Halstedt a jusqu'à 8 tourelles, également dans l'axe.

D'après M. Pâris, la tourelle bien constituée est construite comme il suit : une première chemise en tôle, de 25 millimètres, forme l'enveloppe intérieure. On rive sur elle une carcasse ou membrure, en cornières, en fers à T, ou encore en rails en V, du type Barlow, suivant la proposition de l'amiral Halstedt. Sur cette membrure pose le matelas en bois de teak, dont les madriers, épais de 25 à 30 centimètres, sont mis debout, comme les douves d'un tonneau. Vient enfin la cuirasse, épaisse de 20 centimètres et plus, qu'on assemble en anneaux horizontaux, comme seraient les cercles d'un tonneau.

4° CUIRASSE.

La *cuirasse* ou blindage est devenue l'armure nécessaire de tout navire appelé à recevoir le feu de l'ennemi, mais nous sommes déjà bien loin du temps où Scott-Russel écrivait qu'il ne faudrait pas 5 minutes pour détruire le plus robuste vaisseau de bois. L'affreux duel du *Kearseage* et de l'*Alabama*, où toute la muraille d'un lutteur tomba à la mer, donne à peine une idée des effets de l'artillerie actuelle, qui n'a pas dit son dernier mot. Entre celle-ci et le blindage, le concours se poursuit ; à mesure qu'on rend le blindage invulnérable, on perfectionne le canon et le boulet pour le percer, parfois dans la même usine. Un constructeur me disait

dernièrement : « Je viens de faire un blindage invulnérable, je travaille maintenant à un boulet pour en avoir raison. » En ce moment, l'avantage paraît être au boulet, bien que le blindage soit arrivé à 23 centimètres d'épaisseur et à une grande perfection de travail, qui en fait peut-être la première œuvre de la métallurgie.

L'amirauté anglaise s'attache à la perfection du boulet pour *tout oser*, dit M. Pâris[1]. En France, on se contente d'un boulet et d'un canon respectables. On rend, d'autre part, le navire aussi invulnérable que possible; mais ne comptant qu'en second lieu sur ces ressources matérielles, qui n'ont pas dit leur dernier mot, on s'applique à donner au navire, comme à l'armement, cette célérité et cette spontanéité de manœuvre qui sont si bien le *jeu de la France*, et permettent d'oser beaucoup contre des masses terribles mais qui ont leur inertie.

Pour détruire le blindage ennemi, il existe deux principes, le *contondant* et le *perforant*. Dans le système contondant, qui est propre à l'Amérique, on emploie un boulet monstre, chassé avec peu de vitesse, qui casse le blindage opposé, sans se briser lui-même; la muraille est alors à nu, la destruction du bâtiment n'est plus qu'un jeu. Mais on est ainsi conduit à employer des canons non moins monstrueux.

1. Voici, dit l'amiral dans une note que j'ai sous les yeux, comment je me représente la position relative des Anglais et des Français : La vérité est que nous sommes des pauvres sur mer; nous y avons peu de navires, mais nous sommes des bretteurs, comme les anciens aventuriers. Il en résulte que nous présentons peu de parties vulnérables sur mer, les Anglais beaucoup. D'après cela, je suppose que le navire invulnérable existe en réalité, et que j'en commande un, avec lequel je me promène dans la Manche, avec la vitesse des meilleurs paquebots. Je coule le fretin des navires, je cours sus aux paquebots, prends les passagers et l'équipage à mon bord et coule les navires. Pendant que je fais cette petite besogne, un invulnérable anglais vient me dire : Monsieur, que faites-vous là? Je ne veux pas que vous couliez navires anglais. Je lui réponds : Que voulez-vous, monsieur, je suis invulnérable, vous aussi; tirez-moi dessus, cela m'est égal; et je continue ma besogne. Le jour de l'exercice habituel du canon, le lieutenant vient me prévenir, je lui réponds : C'est vrai; tiens, nous sommes près de Brighton, faites préparer 200 boulets pour exercer nos hommes, et j'examine la manière dont mes chefs de pièces percent les maisons et peut-être les brûlent. Un invulnérable anglais, ou deux, ou trois, viennent me dire : Nous voulons pas que vous brûler Brighton. Je ne leur réponds plus; ce n'est pas la peine; mais je marche toujours pour que, s'ils usent de leur éperon, il leur arrive de couler comme moi. Le cuirassé est l'ancien seigneur bardé de fer ainsi que ses hommes d'armes, il domine, il écrase une population nombreuse, mais découverte, avec un petit nombre de guerriers. En élaguant les exagérations d'une pareille comparaison, on voit pourquoi les Anglais ne veulent pas d'invulnérabilité, et par suite, pourquoi l'artillerie est chez eux une question nationale, tandis que chez nous elle est restée dans un corps et dans une administration. C'est ce que montrait l'Exposition; dans notre hangar était la plaque hérissée de boulets qui n'avaient pas percé; dans le leur, des plaques plus épaisses dans lesquelles étaient des trous à passer la tête, et des photographies de fortifications qui paraissaient avoir été détruites par un volcan.

Dans le principe perforant, qu'on peut appeler système anglo-français, on cherche à percer le blindage, à l'aide d'un boulet en poinçon, lancé, à forte charge et grande vitesse, lequel pénètre au sein du navire.

Il est difficile de dire quel est le plus infernal de ces deux moyens: le second, du moins, demande des pièces de moindre calibre, ce qui explique qu'on ne voit pas à nos bords cette artillerie gigantesque propre à certains peuples étrangers. En cela encore, la guerre maritime s'est bien modifiée. On ne vomit plus de fer par les bordées de 50 canons réunis, comme au temps de Jean Bart. Le boulet de notre époque est trop dispendieux; le coup, proprement dit, peut coûter jusqu'à 600 francs. On ne le prodigue pas[1], et on ne tire qu'avec autant de certitude que possible de produire un grand ravage.

Deux ingénieurs, M. Fairbairn en Angleterre, et M. Alloncle en France, ont traité avec étendue la théorie des blindages et de leur destruction. M. Pâris a conclu de ces études et des expériences de Schœburyness quatre règles pratiques :

1° La résistance du blindage à la perforation croît à peu près proportionnellement au carré de son épaisseur, à égalité de circonstances.

2° Quant au mode de perforation, ou bien la cuirasse se brise; de la trouée partent des fentes rayonnantes: c'est ce qu'on appelle l'*étoilage*. C'est la plus désastreuse destruction du blindage; elle caractérise le métal aigre et cassant; elle est diminuée par la nature du contre-fort, qui doit être toujours en dedans. Dans les blindages en fer doux, le boulet ne fait qu'une simple trouée qu'on pourrait peut-être tamponner pour parer à la voie d'eau; mais malheur au navire à l'intérieur duquel pénètrent ainsi certains boulets explosifs, au lieu d'éclater à la surface extérieure, sur la cuirasse.

3° Quant au boulet lui-même, s'il est en fonte, il s'émiette sur la cuirasse; s'il est en fer, il s'aplatit, et sa section montre des couches superposées, sorte de stratification où M. Tresca reconnaîtrait sans doute ses phénomènes d'*écoulement des solides*. En résumé, les boulets de fonte ou de fer ont peu de pénétration dans la cuirasse, et ils font d'autant moins de mal que rarement plusieurs boulets, si bien pointés qu'ils soient, viennent frapper juste à la même place pour achever une destruction commencée. Le boulet en acier corroyé et trempé, raide sans aigreur, dur sans fragilité, est terrible quand il est effilé pour poinçonner; c'est à lui qu'aucun blindage ne résiste, quand il pique droit.

1. C'est difficile à fixer à cause de la valeur et de l'usure rapide des pièces, mais en mettant 400 francs pour le boulet et sa gargousse, et à 1000 coups 500 ou 600 francs au moins par coup du canon, je ne crois pas qu'on exagère, et cela sans faire entrer en ligne de compte le navire qui coûte 10,000,000 pour 4 canons, et le combustible à 140 x, par jour, à toute vitesse. On peut mettre la durée du navire à 10 ans, s'il est en bois; à 20 en fer tenu à flot; indéfinie, s'il est hâlé à terre.

Les meilleurs blindages sont donc ceux en fer fort, mais doux, homogènes, corroyés très-chauds et recuits ensuite. On connaît les puissants pilons et le laminoir spécial que MM. Pétin et Gaudet appliquent à cette fabrication, où ils occupent peut-être le premier rang. Les forges voisines travaillent au pilon seulement, comme le faisait le *Tames-Iron-Works-Company* en Angleterre, au moins, quand je les ai visitées. Chez Brown à Scheffield on y appliquait un magnifique laminoir.

4° La cuirasse attachée au navire doit poser non directement sur le bordage, mais avec interposition d'un matelas élastique, qui est le bois de teak; il doit être fortifié par de larges cornières croisées. Pour diminuer les joints qui donnent passage à ces suintements d'eau si perfides, on donne aux plaques la plus grande dimension permise par les exigences de la fabrication, du transport et de la pose.

L'essai préalable des plaques est très-rigoureux ; on a été jusqu'à éprouver au boulet une plaque sur dix.

En terminant sur ces blindages qui ont tant occupé le génie civil anglais, ajoutons qu'ils furent proposés, sous le premier empire, pour cette expédition qui aboutit au désastre de Trafalgar, et qu'on eût peut-être prévenue. Mais y avait-il alors une forge capable de les produire?

En 1840, lorsqu'on essaya, avec un si affreux succès, le canon *Paixans* de 30 sur les coques en fer, on voulut voir quelle épaisseur de métal résisterait au boulet; on reconnut qu'on pouvait former une cuirasse effective composée de 10 tôles de 1 centimètre. On s'en tint là, et on ne donna pas plus de suite à un projet de frégate cuirassée de 1,000 chevaux, par l'amiral Labrousse en 1848, étudié chez M. Cavé. Les canonnières et batteries de la campagne de Crimée furent donc le point de départ des flottes cuirassées actuelles.

5° L'ÉPERON.

L'*éperon*, réminiscence d'un engin de guerre antique[1], est redevenu l'instrument de destruction sur lequel se fondent aujourd'hui les plus grandes espérances de la lutte sur mer. L'éperon est une hache ou un poinçon caché sous l'eau, à l'avant du navire, et qui vient crever le bâtiment ennemi : heureux si, engagé lui-même dans ses débris, il n'est pa entraîné et coulé avec lui.

Deux événements, d'une issue bien différente, sont célèbres dans l'histoire de l'éperon.

1. Le vice-amiral Labrousse paraît être le premier qui ait proposé sérieusement et *tracé* l'éperon, vers 1845. Les Russes sous les ordres de l'amiral Boutakof ont fait des joutes en champ clos pour étudier les effets de l'éperon, et ils en ont tracé les résultats d'une manière qui fait voir les difficultés des manœuvres.

A la bataille de Lissa, le *Ferdinand-Max*, petite frégate autrichienne, dont le modèle était à l'Exposition, a abordé d'équerre le *Re d'Italia*, gros cuirassé au repos, et l'a coulé d'un seul coup; c'est le triomphe mémorable de l'éperon.

Par contre, l'*Amazone*, frégate anglaise à l'éperon en couteau, a abordé angulairement le petit navire *Osprey*. Tous deux étant en vitesse, l'*Osprey* s'est englouti, mais l'*Amazone* a eu son avant tordu, arraché; elle a coulé vingt minutes après. De ces deux faits, M. Pâris a tiré les deux conclusions suivantes :

1° L'éperon doit être court, gros, massif; mais alors percera-t-il, et laissera-t-il au navire une forme avantageuse au sillage?

2° L'éperonnage exige beaucoup de prudence et de réserve, sous peine d'être aussi fatal à celui qui donne le choc qu'à celui qui le reçoit.

L'abordage d'équerre sur un navire au repos, même plus fort, coule celui-ci avec certitude. Dans tout autre cas, l'éperonnage est dangereux. En somme, dit l'amiral Pâris, l'éperonnage ressemble à l'*acte d'un homme qui tente de casser la tête de son ennemi en frappant avec la sienne.*

Pour éperonner efficacement, la vitesse n'a d'ailleurs pas besoin d'être bien considérable; le calcul pour un cuirassé de 5,000 tonneaux, filant 3 nœuds (soit 1^m,50 par seconde), donne le nombre rond 944,000 pour expression de la force vive MV^2.

L'éperon est tellement en vogue aujourd'hui, qu'on a donné sa forme à des paquebots de commerce qui n'auront jamais rien de commun avec les bâtiments de guerre. Cette forme n'est d'ailleurs pas mauvaise au point de vue nautique; le flot s'ouvre bien, la vague ne soulève pas l'avant du navire, comme lorsque l'étrave s'avance en voûte : elle déferle librement par côté. Il y a moins de tendance au tangage.

Le *Renard*, construit sur les plans de M. Béléguic, capitaine de frégate en retraite, en a montré une preuve. Son avant est un éperon très-exagéré, il s'avance très-haut, le vrai rapport est $\frac{10}{75}$, ou un septième et demi de la longueur du navire hors de l'eau; les résultats de marche surtout, vent debout, ont, dit-on, été bons.

Telles sont les particularités fondamentales de la nouvelle marine à vapeur. Toutes les études dont elle a été l'objet sont résumées, et, pour ainsi dire, condensées dans deux projets, sous le titre de *Flotte de l'avenir* : l'un est émané en Angleterre, de l'amiral Halstedt; l'autre a pour auteur en France, le vice-amiral Pâris.

L'un et l'autre sont longuement détaillés dans l'ouvrage que la présente note analyse. Mais nous ne pouvons omettre de donner au moins le caractère fondamental de ces deux projets, qui ont, en outre, pour objet de bien accuser les tendances des ingénieurs de constructions maritimes. Ce sera plus opportunément l'objet d'une annexe ou appendice ci-après, et nous voici amené à conclure.

III

En terminant ce long exposé, nous ne pouvons éviter de nous poser cette question : à quoi conclura cet immense mouvement de transformations maritimes, où tous les peuples se jettent à corps perdu, comme si nous étions à la veille d'une guerre désespérée? Le plus habile répond qu'il n'en sait rien. Que vaudront en service courant cette formidable artillerie mécanique, ces tourelles, ces monitors sous-marins; comment les hommes y vivront-ils en temps de guerre; comment se comportera le blindage à la longue; que sera la bataille à coups d'éperons en une journée décisive? Personne n'ose se prononcer.

Ce qu'on sait le mieux, c'est que la guerre maritime ne sera qu'un anéantissement respectif, que le dernier mot n'est dit sur aucun système, et que le prochain navire à mettre en chantier ne ressemblera à aucun de ses prédécesseurs.

Les ports sont encombrés de navires abandonnés à la pourriture, ou vendus à vil prix. L'amirauté vient de céder, pour moins de 2 millions, 4 vaisseaux de ligne et 5 frégates de premier ordre, âgés de 12 ans, encore excellents, et qui avaient coûté, dit-on, 100 millions en construction première et en transformations ultérieures. La marine privée se révolutionne de même. La Compagnie Cunard a mis de côté son célèbre *Persia*, et notre Société transaltantique opère la refonte de ses paquebots.

Tous les peuples sont dévorés de la même fièvre de reconstruction.

On disait qu'avec les engins d'aujourd'hui la guerre est devenue impossible; on sait aujourd'hui quelle était l'erreur. Depuis douze ans, la guerre s'est faite avec plus d'opiniâtreté que jamais; surtout entre la France et l'Angleterre, pour la conquête de la mer. Seulement, elle avait changé de forme : on ne tuait pas encore des hommes, mais on a englouti plus de trésors que n'en coûtèrent ensemble la guerre des Colonies sous Louis XV, et les luttes affreuses qui suivirent la rupture de la paix d'Amiens. On a fait ce que l'amiral Pâris appelle si justement la *guerre d'argent*. Y sommes-nous les vainqueurs? Des hommes qui font autorité ont répondu non à deux points de vue. Dabord, l'avantage en fait de matériel de guerre ou d'industrie est toujours à celui qui vient le dernier. Or, nous sommes venus les premiers : nous avons eu un moment la flotte la plus formidable par ses belles qualités, et ils le savaient très-bien ces diplomates étrangers, dont nous ne regretterons assurément pas l'intervention pacifique, qui a arrêté la France dans un conflit imminent il y a quelques années. Mais les peuples qui ont transformé ou retransformé leur marine après nous nous ont fait subir l'inévitable conséquence du progrès;

ils ont nos bons évolueurs, et ils ont aussi les cuirasses et les canons de la dernière heure, plus robustes que les nôtres.

A un autre point de vue, l'Angleterre a su avoir sur nous un très-grand avantage; elle a utilisé les immenses dépenses de ses transformations au profit de son génie civil et de son industrie privée, qui intéresse à si haut point sa vie nationale. Ses ingénieurs ont fait d'admirables études théoriques et expérimentales; ses ateliers et chantiers sont dans un état de prospérité inouï.

En France, nous ne sommes parvenus ni à beaucoup perfectionner notre marine commerciale, ni à féconder notre industrie privée. Nos œuvres de marine militaire ont été fort belles, mais elles ont été pour la plus grosse part le privilége des établissements de l'État et d'un corps spécial d'ingénieurs. Il en est résulté les mêmes effets que pour un gouvernement arbitraire; du brillant qu'une action réelle descendrait à néant. Notre génie civil y est resté totalement étranger, et je serais heureux que la présente communication, demandée par nos présidents, fût la preuve qu'il ne s'en désintéresse pas volontairement. Nos chantiers privés n'ont fait que végéter. Nous en possédons 6, que je puis certifier aussi bien outillés que les plus beaux de la Clyde, de la Tamise et de la Mersey; mais ils sont comme les habiles ouvriers sans ouvrage, et c'est à la confiance de l'étranger qu'ils ont dû un peu d'activité passagère : un matériel de flotte comme une armée; le tout parce que conception comme exécution se sont passées en dehors de l'opinion publique et technique. La persistance à construire les cuirassés en bois n'a d'autre but que de soutenir les chantiers de l'État, qui seuls sont assez riches pour employer le bois. Mais ces navires ne sont au bout de 9, 10 ou 12 ans que du fumier, et l'effet galvanique de leur cuivre a décomposé une partie de leur cuirasse. C'est donc avec raison qu'ils sont qualifiés de tonneaux des Danaïdes budgétaires.

L'établissement le plus favorisé a fourni à la Prusse, à l'Espagne et au Brésil, chacun une belle frégate cuirassée, et à l'Italie 7 frégates ou batteries, dont plusieurs ont fait très-bien leurs preuves à Lissa. Le malheureux *Re d'Italia* n'était pas de ce nombre.

L'amiral Pâris n'est assurément pas suspect, quand il regarde comme un malheur public la faible part donnée à l'industrie privée dans nos travaux maritimes, et il ne craint pas de la recommander comme une des forces actives de la nation, qu'on pourrait regretter un jour de laisser dépérir. C'est une des conclusions du bel ouvrage qu'il a soumis au jugement de la Société des ingénieurs civils.

APPENDICE.

PROJETS DES FLOTTES DE L'AVENIR.

Nous avons relaté plusieurs fois dans notre étude les projets de l'amiral Halstedt et du vice-amiral Pâris, comme expression de toutes les idées modernes réunies. Sans donner ici à l'exposé de ces deux projets l'étendue qu'on trouve dans l'ouvrage de M. Pâris, nous ne pouvons pas cependant omettre de caractériser ce qui les constitue. La comparaison respective des dimensions sera en outre un utile enseignement sur les tendances actuelles de la marine.

A. *Projet de l'amiral Halstedt.*

L'amiral Halstedt est celui qui, en Angleterre, a pris une si grande part à la transformation de la marine britannique, et qui fut le promoteur de la marine à hélice rapide. Sa formule était : *Full power of steam and sails*, pleine puissance de la vapeur et des voiles. Sans rien ôter au mérite et à l'initiative de l'amiral Halstedt, il nous sera permis de dire qu'en France, le vaisseau *le Napoléon*, de M. Dupuy de Lôme, était déjà en chantier avec le même programme.

Le nouveau projet de M. Halstedt n'est pas seulement son œuvre; il a eu pour collaborateurs Napier, Penn, Lang, Withworth; en un mot, l'élite du génie anglais, pour la construction des navires, des machines, de l'artillerie, etc., et c'est l'expression de leur pensée commune qui a conduit au programme en question.

On ne peut mieux définir les nouveaux bâtiments qu'en disant qu'ils offrent l'adaptation des tourelles et les propriétés des monitors, à la navigation de grande mer, et qu'ils sont en même temps un retour aux bâtiments majestueux d'autrefois. Ce projet embrasse 8 classes de navires, c'est-à-dire toute la série des bâtiments aptes à composer des escadres, depuis le vaisseau de premier ordre, jusqu'à l'aviso. On en a vu le type général exposé au Champ de Mars en 1867, non-seulement en dessin, mais sous forme d'admirables modèles au 100e dans les vitrines de l'annexe du bord de l'eau. Ce sont des bâtiments géants, comme il plaît au génie anglais, mais qui sont peut-être ajournés en ce moment, parce qu'avec l'avénement de M. Reed, comme chef des constructions de l'amirauté, ce sont les bâtiments de grandeur limitée, en un mot,

les idées françaises qui prévalent en ce moment. A part la question de dimension qui est réservée, les projets de M. Halstedt conservent un très-grand intérêt. On y trouve :

1° La tourelle tournante du capitaine Coles, dirigeant les feux en tous sens, le navire restant au repos;

2° La cuirasse et l'avant en forme de hache ronde, pouvant servir d'éperon;

3° Les vastes espaces sabordés, sous les ponts, logeant de nombreux équipages, dans les meilleures conditions;

4° Les mâts en trépied du système Coles, et le gréement en fer;

5° Formidable artillerie dans les tourelles;

6° Construction de navires tout en fer, à fond et murailles cellulaires, avec fond presque plat, sans quille.

La vitesse proposée est de 14 à 15 nœuds, par une puissance en vapeur qui est de 800 chevaux nominaux sur l'aviso, et va à 1,300 chevaux dans le vaisseau de première classe; leur immense voilure en fait de véritables navires mixtes, comme l'ancienne frégate française. La stabilité n'a pas été sacrifiée à la finesse des formes, et, si les bâtiments à construire sont conformes aux modèles qu'on a admirés à l'Exposition, jamais navires plus élégants n'auront été vus sur mer. Le tableau suivant résume les dimensions principales de trois des 8 classes de navires relatées dans le livre de l'amiral Pâris, savoir : le vaisseau, la frégate et la corvette de première classe. Ces deux derniers ne diffèrent essentiellement que par le nombre des tourelles.

Flotte de l'amiral Halstedt.

	VAISSEAUX. 1re classe.	FRÉGATES. 1re classe.	CORVETTES. 1re classe.
Nombre de canons	28	18	14
Nombre de tourelles	7	4	2
Équipage	850h	500	400
Vitesse	14n	14	14
Puissance nominale	1300ch	1000	1000
Puissance indiquée	7800	6000	6000
Longueur entre perpendiculaires	138.77	118	112
Largeur	21.35	18.30	16.00
Creux	8.34	8.08	7.78
Tirant d'eau. Avant	7.93	7.62	7.32
Tirant d'eau. Arrière	8.23	7.93	7.62
Déplacement	14350ch	10060	7780
Section immergée	1477Omq	120	101
Surface de voilure	444mq	3682	3017

B. *Projet de monitor mixte de l'amiral Pâris.*

Le programme de l'amiral Pâris a pour objet des monitors de différentes classes, blindés, éperonnés, fortement armés et caractérisés par ces particularités, qui sont l'expression des idées françaises, savoir : 1° dimensions relativement réduites. Le plus grand type est moindre que l'aviso de l'amiral Halstedt, mais le tirant d'eau est également réduit pour aller partout, et beaucoup de sacrifices ont été faits à cette facilité d'évolutions, sur laquelle comptent nos marins en guerre.

2° Sans rien ôter à l'invulnérabilité propre aux monitors, des réduits légers ont été ajoutés sur les ponts, de part et d'autre de la batterie, pour loger l'équipage dans de bonnes conditions; ces réduits pourront être détruits dans le combat, comme les extrémités supérieures de tous les cuirassés actuels, mais sans menacer le reste du navire, où, dès lors, l'équipage se logera sous le pont, comme en tout monitor.

3° Un autre but spécial a été de profiter du fait établi du peu de roulis des monitors, pour diminuer le roulis exagéré des cuirassés actuels, qui ont eu des hommes blessés et même tués par cette cause. De plus, les sabords sont envahis par l'eau, et souvent fermés, tandis que la cuirasse émerge à chaque roulis, et expose la partie vulnérable.

En résumé, le type de l'amiral Pâris peut se définir : un grand navire dérobé sous l'eau et contenant une autre coque de haut bord, moins large, où sont l'armement et l'équipage. Il participe du système dérobé sous l'eau des monitors et du navire de haut bord. Sur le pont supérieur de la batterie, il a deux tourelles dont les canons, à 5 mètres au-dessus de la flottaison moyenne, ont des feux libres dans toutes les directions : ses puissantes machines, sa voilure avec mâts à trépieds, sa vitesse, son emménagement d'équipage, ses ponts à galeries et garde-corps, ses compartiments étanches ne tiennent donc pas ce type à distance du projet de l'amiral Halstedt, bien que l'ingénieur français n'ait pas cherché à en imiter l'élégance.

Ce genre de navire, sorte de monitor habitable à la mer, a pour caractère une grande analogie de stabilité avec le navire de rivière des Américains : c'est-à-dire qu'étant plat et très-ras sur l'eau, son métacentre, situé à une hauteur inusitée quand les côtés sont hors de l'eau, se trouve tomber subitement dès que les côtés sont immergés; au point que si le navire intérieur ne venait pas rendre de la stabilité en touchant l'eau, le navire chavirerait. Mais cette stabilité particulière est semblable à celle du monitor, jusqu'à 20 degrés d'inclinaison, ce qui fait espérer les mêmes qualités, puisque la seule différence est que l'eau ne peut pas passer d'un bord à l'autre sur le nouveau navire, tandis qu'elle s'étend comme sur une plage et traverse le pont du vrai monitor.

L'amiral Pâris a très-minutieusement détaillé les dimensions de son projet, qui contient 3 classes de navires.

Le tableau qui suit résume seulement les dimensions fondamentales.

Flotte de l'amiral Pâris.

	N° 1.	N° 2.	N° 3.
Nombre de tourelles	2	2	7
Nombre total de canons	14	8	4
Puissance nominale	1200ch	900	400
Longueur à la flottaison	93m.60	88,30	68.50
Largeur	22 .00	18,00	15.50
Tirant d'eau égal	6 .75	8.75	5.00
Déplacement en nombre rond	8100t	6000	3100
Section immergée du maître couple	126mq	92	66
Surface flottante	1552mq	1264	801
Blindage	0m.20	0.20	0.15
Épaisseur. Poids en nombre rond	2100t	1650	780

C. *Indication de quelques types courants.*

Au cours de la note qui précède, il a été fait mention de divers steamers indiqués comme types des constructions actuelles : le tableau ci-après relate leurs dimensions fondamentales, et nous y joignons quelques notes complémentaires.

1° Le *Bellérophon.* — Type de frégate cuirassée, à éperon, très robuste, rapide, bon évolueur, de formes ramassées, construit à Chatam, en 1864-65, sur les plans de Reed. Machine à fourreau de Penn, à peu près comme celle de l'*Hercule* ci-après. — La coque est en tôle de 12 à 28 millimètres, sans quille, à fond sensiblement plat, lignes convexes médiocrement fines, à double fond remontant sur les murailles latérales jusqu'au faux pont. Les grosses membrures et 6 lignes de tôles longitudinales divisent l'intérieur en compartiments étanches, où l'on peut entrer, en cas de besoin, par un trou d'homme fermé à couvercle. Chacun est vidé par une pompe à vapeur, au moyen du conduit qui lui est propre :— belle mâture de frégate, en tôle, avec beaupré; le grand mât a 23 mètres au-dessus du pont, et 0,64 de diamètre; les cordages sont en fer.

Les chaudières, réunies en un seul groupe, sont desservies par deux cheminées en avant du grand mât. La cuirasse est complète; l'éperon

est très-gros, proéminent de 5 mètres sous la flottaison, et en forme de hache ronde.

2° *Hercule.* — Formidable frégate cuirassée et à éperon, construite dans les mêmes données que le *Bellérophon* et du même auteur; elle est seulement un peu plus longue; sa machine à fourreau, de Penn, vrai bijou d'exécution, a donné un travail effectif en chevaux de 75 kilogrammètres, près de 7 fois la force nominale. Sa particularité principale est son énorme muraille de fer et bois, ayant en tout, en certaines parties, 1 mètre 45 d'épaisseur, dont près de 0,23 pour le blindage.

3° *Constance.* — Petite frégate anglaise, remarquable par sa machine de Randolph et Elder, du système Wolf double, c'est-à-dire ayant 2 petits cylindres, où la vapeur entre d'abord, et va ensuite dans deux grands cylindres où la vapeur émise des petits cylindres vient se détendre. Cette frégate a été essayée comparativement avec l'*Aréthuse* et l'*Ottavia :* la première de Penn et la seconde de Maudslay, toutes les trois de force identique de 500 chevaux. Quoique peu favorisée par l'état de la mer et des vents, la machine de la *Constance* a été beaucoup plus économique de consommation. La dépense de houille a été comme suit, par cheval indiqué :

Constance.	1,13
Ottavia.	1,43
Aréthuse.	1,64

4° *Ferdinand-Max.* — Petite frégate cuirassée autrichienne, à éperon en hache ronde, célèbre par son exploit contre le *Re d'Italia*, qu'elle coula à la bataille de Lissa. Elle s'était déjà antérieurement rendue célèbre par un voyage autour du monde. Elle a été construite en Autriche même, par M. Romako. La coque est en bois, très-lourde et massive, percée de 9 sabords en batterie ordinaire sur chaque côté. Les formes générales rappellent un peu le type français, *la Gloire ;* la mâture en fer est très-développée, et la ventilation intérieure de la coque a été très-soignée. Tout ce que nous savons de la machine est qu'elle est du système à bielle, en retour comme en France.

5° *Achille.* — Gigantesque frégate cuirassée anglaise, reproduisant avec perfectionnement des détails, le fameux *Warrior*, tout en fer et à murailles cloisonnées. C'est le meilleur type de la grande frégate moderne, suivant le type anglais; mais ses évolutions sont rendues assez difficiles par cette grande longueur elle-même.

6° *Azincourt.* — L'administration qui a précédé M. Reed à l'amirauté anglaise tendait aux constructions gigantesques. 3 navires exposés à Lon-

dres, en 1864, ont été la plus haute expression de ce principe, savoir : le *Northumberland*, des chantiers de *Millewal*, le *Minotaure* de la *Tames-Iron-Works-Company*, et l'*Azincourt* de M. Laird, avec machine de *Maudslay*. Deux de ces trois géants ont déjà été refondus. Leur principal défaut est d'évoluer difficilement; il leur faut 7 minutes pour décrire un cercle de 700 mètres de diamètre. Comme dans les nouvelles constructions, la coque est en fer, sans quille, à fonds presque plats, à murailles légèrement rentrantes par le haut, à double fond cellulaire et cuirasse entière. Il y a quatre mâts en fer; les lignes d'eau sont très-fines.

7° *Rochambeau*, ancien *Dunderberg* américain. — Construit en 1866 par Webb, à New-York, remanié plusieurs fois sur le chantier, et acheté en 1868 par le gouvernement français, au prix de 12 millions et demi. Énorme et singulière construction en bois, trop faiblement cuirassée, mais très-remarquable par son faible tirant d'eau, sa stabilité, sa vitesse, qui s'est élevée jusqu'à 16 nœuds, son fond plat, ses formes fines, entièrement comme en rivière, ses qualités nautiques et sa formidable artillerie d'Ericson, très-bien installée dans un réduit long de 48 mètres, qui s'élève au-dessus de la coque proprement dite, laquelle est presque entièrement immergée. Bien que de nombreuses descriptions aient paru sur ce navire que l'amiral Pâris décrit pièce à pièce, nous ajouterons aux renseignements du tableau ce qui suit : poids total de la cuirasse, 1,000 tonneaux; épaisseur de murailles du navire, $2^{m},40$ à la flottaison. — 4 cloisons étanches se partagent la coque; abri du gouvernail, entièrement dérobé aux feux de l'ennemi, mais surface horizontale de 125^{m^2} à 1 mètre au-dessus de l'eau et exposée à des chocs terribles en plaquant sur la mer. Le réduit casematé est garni de blindage, épais de 9 centimètres seulement, offrant partout des surfaces fuyantes, et est percé de 24 grands sabords. Les 12 pièces d'artillerie ont 0,38 de gueule; avec l'affût en fer, elles pèsent chacune 20 tonneaux. La machine, remarquable seulement par sa puissance, est médiocrement étudiée et exécutée; l'arbre moteur se compose de diverses pièces rapportées; beaucoup de pièces ont tendance à chauffer, tout est difficile à visiter. Les chaudières sont assez bien; elles sont du type ordinaire, au nombre de 6, ayant chacune 6,55 de façade sur 5,96 de large, et 5 mètres de haut. Ensemble, elles ont 450 tonnes de poids, 2,780 mq. de chauffe, et 111 mq. de grille dans les 20 foyers. La mâture appartient au type dit brick-goelette.

8° *Nauset*. — Monitor américain à une seule tourelle, construit par M. Donald Mc Kay de Boston. Les particularités fondamentales sont : 1° le faible tirant d'eau et le fond plat pour aller en rivière; 2° l'existence de 2 coques l'une dans l'autre, l'entre-deux des murailles étant divisé en compartiments étanches qu'on remplit d'air ou d'eau, suivant qu'on veut s'immerger ou s'élever; les murailles extérieures, outre le blindage qui

n'a qu'une seule ligne ou virure, sont revêtues d'un bordage en bois, épais de 0m.2. Deux hélices motrices en fonte, et à 4 ailes, mues chacune par une machine unique couchée, à bielle directe, type de locomotive. Les pompes à air et autres ont leur moteur spécial. 2 chaudières à 4 foyers chaque, avec 14 mq. de grille, soufflés par des ventilateurs. Le *Nauset* est minutieusement décrit dans l'ouvrage de l'amiral Pâris.

9° *Hymalaya.*— Magnifique steamer mixte, construit par Mare, en 1833, pour la Compagnie péninsulaire, et cédé ensuite à l'amirauté pour ses transports : coque en fer, formes élégantes, fines et élancées; arrière plat avec riche accastillage, étrave inclinée et élancée en col de cygne, avec riche poulaine très-développée; belle mâture de vaisseau, sensiblement reportée vers l'arrière; le grand mât est à peu près aux 6/9 de la longueur, à partir de l'avant, la misaine aux 3/9 et l'artimon à 8/9. La cheminée des chaudières est au milieu; le pont, dit *spardech*, est libre, sans rouf ni dunette; tout l'emménagement est intérieur, et éclairé par un rang de sabords et deux rangs de hublots lenticulaires; machine à fourreau de Penn, chaudière à lames d'eau de Lamb.

10° *Pereire.* — Ce bâtiment et son semblable, *la Ville de Paris*, sont les paquebots-poste célèbres construits par Napier, pour la Compagnie française transatlantique; ils ont été l'objet de nombreuses descriptions, et sont bien connus. Les coques sont en fer, à double fond, solides et légères, à formes très-fines, pourvues d'un rouff de bout en bout sur le pont. Les machines appartiennent au type dit Pilon, avec condenseur à surface. Les chaudières sont pourvues d'un surchauffeur tubulaire à la base de la cheminée; les dimensions sont détaillées dans l'ouvrage de l'amiral Pâris.

11° *Sapho.*—Type d'un petit transport de troupes, construit à Sherness, avec machine à fourreau de Penn. C'est cette dernière qui a été si admirée à l'Exposition, et que tant de publications ont reproduites. La coque est à fines lignes, un peu rentrantes, et armée de 2 canons à pivots, pourvue d'une voilure très-considérable. Dans la machine, on remarque toutes les installations modernes : surchauffeur de vapeur, à tubes et donnant 88 mètres de surface; condenseur à surface, par tubes verticaux dans 2 grandes tonnes debout, avec pompe de circulation du système centrifuge d'Appoll, mues par machine spéciale. Distribution de locomotive avec détente spéciale facultative. On remarquera que la force effective indiquée atteint près de sept fois la force nominale. Le poids de la machine entière n'est que de 74 tonneaux.

Les dimensions des navires qui précèdent sont réunies dans le tableau comparatif par lequel nous terminons cette étude.

Tableau comparatif de bâtiments à vapeur.

		Bellerophon, frégate anglaise. 1.	Hercule, frégate anglaise. 2.	Constance, corvette anglaise. 3.	Ferd. Max, frégate autrichienne. 4.	Achille, gr^de frégate anglaise. 5.	Azincourt, gr^de frégate anglaise. 6.	Rochambeau, batterie française. 7.	Nauset, monitor américain. 8.	Hymalaya, gr^d transport anglais. 9.	Pereire, paquebot français. 10.	Saphir, petit transp^t anglais. 11.
COQUE.	Longueur totale	91m.50	99.12	77.16	77.16	117.60	122.00	115.00	68.57	98.70	106.75	64.65
	Largeur	17 .10	17.90	16.16	15.46	17.80	18.00	20.26	13,71	14.18	13.33	11.60
	Creux	10 .92	10.92	»	»	»	»	9.55	2.77	»	8.34	»
	Nombre de ponts	3	3	»	»	»	»	3	1	»	3	»
	Tirant d'eau. Avant	6m.56	6.86	5.210	6.10	6.87	7.82	5.79	2.50	5.70	6.70	4.60
	— Arrière	8 .08	8.08	6.328	7,55	7.24	8,20	6.40	2.50	6.30	6.70	4.60
	Déplacement	7230t	»	3669	4734	9500	10000	7060	»	4273	5217	»
	Surface flottante	» mq	»	»	»	»	»	1528	»	»	1039	»
	Section immergée	» mq	»	49	77	»	»	92.62	31	105	74.20	38
	Rapport du volume au parallélipède circonscrit	0m.57	»	»	»	»	»	»	»	»	0.59	»
	Nombre de canons	10	2	»	10	»	»	12	2	0	0	2
	Nombre de tourelles ou réduite	0	0	»	»	»	»	1	1	0	0	0
	Épaisseur de cuirasse	152mm	228	»	»	»	»	114	»	0	0	»
	Voilure	2288mq	»	»	»	»	»	1040	0	»	»	»
MACHINE.	Constructeur	Penn.	Penn.	Randolphe.	»	Penn.	Mandslay.	Webb.	Samuda.	Penn.	Napier.	Penn.
	Force nominale	1200ch	1200	500	»	1250	1350	1500	»	700	900	350
	Force indiquée (7,5 km.)	6400ch	8000	2312	»	5000	6867	5000	»	2050	4000	2100
	Cylindre. Nombre	2	2	4	»	2	2	2	2	2	2	2
	— Course	»	1.37	0.99	»	1.37	1,37	1.14	0,76	1.06	1.22	0,914
	— Diamètre	»	2.90	1.22 1.78	»	»	2.76	2.54	0.56	2.03	2.13	1.574
	Surface condensante	» mq	1930	»	»	»	0	1100	232	0	2.12	517
	Hélice. Nombre	1	1	1	»	1	1	1	2	1	»	1
	Nombre de tours par minute	75	65	55	»	70	50	60	»	55	55	60
	Diamètre	6m.09	7.05	5.49	»	7.30	»	»	»	5.50	5.80	4.57
	Pas	7 .16	7.20	7.62	»	7.74	»	»	»	8.54	9.00	»
	Type	Griffit.	Griffit.	»	»	Mangin.	»	»	4 ailes fonte.	3 ailes.	Griffit.	»
	Surface de chauffe	» mq	2125	»	»	»	»	2780	382	»	1524	526
	Vitesse	14n	14	8.8	»	14	»	14	»	13	13	13
	Consommation de houille par cheval indiqué	»	1.27	1.13	»	»	»	»	»	»	»	»
	Prix du navire	7.430.000f.	»	»	»	10.718.000	11.025.000	12.500.000	»	»	4.500.000	»

On ne doit pas omettre ici les travaux aussi considérables que remarquables des forges et chantiers de la Méditerranée, dont les modèles égalaient en perfection et surpassaient en nombre ceux de l'amiral Halstedt, en ce qu'ils comprenaient tous les types de machines marines. En 1867, ces ateliers avaient déjà produit 25,000 chevaux nominaux de machines marines, et en fait de navires, M. Verlaque, ingénieur civil, avait construit à la Seyne la *Numencia*, première frégate cuirassée qui ait fait le tour du monde, et qui était la plus grande de son époque, 95 mètres et 7180^{tx} de déplacement. Elle présentait une ventilation bien entendue, et l'une des premières machines à gouverner. Le *Brésil*, corvette cuirassée qui a joué un rôle dans le Parama, et a été imitée par les Brésiliens. Pour l'Italie, le *San-Martino*, la *Regina-Maria-Pia*, et plusieurs autres. Pour la Turquie, un de ces navires singuliers à tourelles sur les flancs ou en porte-manteau. En fait de paquebots, M. Verlaque a construit toute la belle flotte moderne des Messageries impériales et le *Gharbié*, ainsi que le *Masr*, si remarquables par leur vitesse et leur élégance. On peut y ajouter des travaux de toutes sortes, pour l'isthme de Suez. Mais, à ne considérer que les navires, il y en aurait une longueur de près de dix kilomètres, s'ils étaient à la file en se touchant, et là-dessus 3766^{m} appartiennent aux paquebots français. Enfin, c'est à la Seyne qu'on a construit le premier grand dock flottant qu'on ait osé lancer en mer et remorquer à Alexandrie, ce que les Anglais ont imité depuis, en conduisant un dock du même genre aux Bermudes. Il faut citer également la maison Gouin, qui a construit le *Castel Fidardo*, les forges et chantiers de l'Océan; et M. Claparède, successeur de M. Cavé, qui avait fait notre premier navire en fer, le *Chaptal*, construit à Asnières, et qui a dernièrement exécuté le merveilleux affût de l'amiral Labrousse.

Ces grands travaux prouvent qu'il n'y a qu'à tendre la main à l'industrie, et qu'elle produira une marine militaire en France comme en Angleterre, où l'État vend maintenant une partie de ses anciens arsenaux.

NOTE

SUR

LES TYPES COMPARÉS DES VOITURES A VOYAGEURS

EN USAGE

sur les chemins de fer en Europe et en Amérique

PAR M. VIDARD.

M. Simonin, ingénieur distingué, touriste audacieux des placers de Californie et d'Australie, voyageur intrépide des grandes prairies du continent américain, de la Névada et du pays des Mormons, s'est fait, dans divers journaux, ainsi que dans plusieurs réunions et conférences publiques, notamment dans sa communication à la Société des Ingénieurs civils, du 18 juin 1869, à propos du chemin de fer du Pacifique, le champion du matériel américain et le détracteur systématique des voitures françaises qui servent au transport des voyageurs.

J'ai pensé qu'il pouvait être intéressant d'étudier cette question, qui a trouvé de nombreux échos dans le public français. « Le voyageur qui « voit du nouveau, dit M. Couche, est toujours plus frappé à première « vue des avantages que des inconvénients. C'est tout le contraire pour « les choses dont il use journellement et qui ont perdu pour lui depuis « longtemps l'attrait de la nouveauté. Cette disposition est surtout plus « prononcée, si le voyageur est Français, c'est-à-dire prompt dans ses « jugements et frondeur[1]. »

Exposons d'abord, d'après M. Simonin, l'historique rapide de l'établissement de la grande ligne du Pacifique qui unit les deux océans en traversant l'Amérique du Nord dans sa plus grande largeur; nous passerons ensuite aux raisons qu'il donne à l'appui de sa thèse, à savoir : que le matériel américain est le seul qui soit rationnel et qui réalise tous

1. M. Couche. — *Voie, matériel roulant et exploitation des chemins de fer*, tome II, page 17.

les progrès, tandis qu'en Europe, et notamment en France, les compagnies de chemins de fer n'ont fait faire aucun progrès au matériel roulant depuis 1842, époque à laquelle les chemins de fer ont commencé à se développer.

La grande ligne du Pacifique, cette route gigantesque, qui ouvre à l'Europe la route la plus courte de la Chine et des deux Indes, exige, pour être franchie par les trains de voyageurs, sept jours et sept nuits.

Un trajet aussi long a naturellement fait rechercher les moyens de donner aux voyageurs le plus de confortable possible, afin d'atténuer les ennuis et les fatigues d'un pareil voyage en chemin de fer.

On a adopté, pour le transport des voyageurs, les grandes voitures américaines, dont l'emploi est général dans ce pays; elles ont de 13 à 18 mètres de longueur, et sont portées sur huit roues, avec large couloir, pour le passage, au milieu, d'une extrémité à l'autre des trains. Les banquettes, à deux places, à droite et à gauche, présentent en moyenne 48 places par voiture ; les dossiers sont mobiles et permettent de se placer à volonté, dans le sens du train ou dans le sens opposé. Le prix moyen du transport, dans ces voitures, est ordinairement d'environ 10 centimes par kilomètre. Les voyageurs y trouvent des rafraîchissements, du linge, les objets nécessaires à la toilette, ainsi que des water-closets; moyennant un supplément de 2 fr. 50, on a des fauteuils à dossiers pour dormir, ou des fauteuils à pivots pour voir la campagne; pour 5 francs par nuit, on peut avoir un lit.

Dans les mêmes trains on trouve, avec une surtaxe de 10 fr. par jour, des voitures à compartiments séparés, pour les voyageurs qui veulent s'isoler, et, en portant le supplément à 15 ou 20 fr., on peut avoir un wagon spécial avec table, lit, divan, etc.

Après cette description, M. Simonin demande aux compagnies de chemins de fer pourquoi elles n'ont pas adopté, pour la France, les voitures américaines ; il les accuse de n'avoir fait faire aucun progrès au matériel roulant depuis 1842, époque à laquelle les chemins de fer ont commencé à se développer en France.

Il termine en demandant avec insistance les raisons qui s'opposent à l'adoption de ce matériel en Europe et particulièrement en France.

Il est bon d'ajouter, pour compléter les renseignements fournis par M. Simonin :

1° Que le chemin du Pacifique est à une seule voie et que la compagnie a été instituée avec les avantages suivants :

Il lui a été alloué, par chaque mille d'avancement du chemin, 16,000 piastres (80,000 fr.) en plaine ; 32,000 piastres (160,000 fr.) sur les hauts plateaux, et 48,000 piastres (240,000 fr.) en pays de montagnes. Cette subvention, ajoute-t-il, a suffi pour couvrir les frais d'établissement du chemin.

La compagnie a reçu, en outre, la propriété d'une surface de terrain de dix milles carrés, de chaque côté de la voie, par chaque mille d'avancement du chemin, c'est-à-dire environ 320 hectares de terres par kilomètre, soit 93,000 kilomètres carrés de terres, ce qui représente une surface équivalente à celle de 15 de nos départements.

Cela ne veut pas dire qu'en Amérique, tous les chemins aient été créés avec de pareils avantages, mais seulement ceci : c'est qu'en raison du bas prix des terres, l'établissement des lignes, qui sont généralement à une seule voie, coûte beaucoup moins cher en Amérique qu'en Europe et, particulièrement, qu'en France ; en conséquence on a dû être chez nous beaucoup plus ménager de la surface à affecter à la double voie.

2° Que la vitesse ordinaire des trains de voyageurs, sur les lignes d'Amérique, est généralement de vingt milles à l'heure, soit d'environ 32 kilomètres.

3° Que le prix du transport des voyageurs est très-variable. Il n'existe pas, en Amérique, de tarifs maximum ; les prix sont établis sur d'autres bases qu'en Europe ; le plus souvent, c'est tant par voyage. Toutefois, M. Simonin estime qu'en moyenne, ces prix correspondent à environ dix centimes par voyageur et par kilomètre.

Nous pouvons, à présent, aborder la discussion et comparer les conditions du transport des voyageurs en Amérique et en France, aux divers points de vue :

Des mœurs ;

De l'établissement et de l'exploitation des lignes ;

Du confortable et de la sécurité des voyageurs.

I

Des mœurs.

S'il est vrai que les chemins de fer exercent leur influence sur les mœurs des nations qu'ils fécondent, il n'est pas moins vrai qu'ils doivent s'y adapter.

C'est ce qui a fait que dans les pays dont les mœurs sont démocratisées, comme en Amérique et en Suisse, où les populations aiment la vie commune, les voitures du système américain, ne comportant qu'une seule classe de places et communiquant facilement entre elles, ont été adoptées. Dans ces pays, on considère la plate-forme d'un train, ainsi que le

pont d'un paquebot, comme un lieu public où chacun aime à trouver à qui parler de ses affaires et de celles du pays.

Dans la plupart des pays d'Europe, au contraire, où la société est divisée en classes distinctes, on a adopté les voitures d'origine anglaise qui comportent trois classes de place, soigneusement séparées, correspondant à la division des populations en haute classe, classe moyenne et classe inférieure.

Dans ces divers pays, en Angleterre, en France, en Espagne et en Italie, le voyageur considère la voiture de voyage comme un domicile privé et recherche l'isolement pour lui, sa famille et ses amis.

En France, notamment, quiconque assiste dans les gares de chemins de fer à l'embarquement des voyageurs dans les voitures a pu constater le soin que prend chaque voyageur pour trouver un compartiment isolé, et, quand il l'occupe, les ruses qu'il emploie pour en éloigner les autres voyageurs.

Dans quelques pays, tels que l'Allemagne, la Russie, où la forme un peu patriarcale des institutions favorise, dans une certaine mesure, le mélange ou la juxta-position des classes, les deux systèmes ont été employés simultanément.

Il en résulte que là où la division des voyageurs en classes distinctes est une des conditions du transport, la voiture américaine ne peut être employée, et réciproquement, là où la circulation des voyageurs, d'un bout à l'autre du train, est une condition du transport, le système anglais ne peut être adopté sans gêner les mœurs; car on ne peut maintenir à la fois, dans l'un ou l'autre des deux systèmes, la distinction des classes et la libre circulation des voyageurs. Chacun d'eux convient aux pays qui l'ont adopté, parce qu'il répond aux mœurs des populations.

Mais en dehors de ces deux caractères généraux des mœurs, qui ont déterminé l'adoption des deux systèmes différents de voitures, il existe, dans chaque pays, un groupe plus ou moins nombreux de voyageurs qui s'accommodent mieux du système de voiture opposé à celui qui est en usage dans le pays.

L'immense développement qu'ont pris les voyages depuis 1842, par suite de l'établissement des chemins de fer, et par le frottement des peuples qui en a été la conséquence, augmente, chaque année, l'importance de ces groupes qui, plus frappés des avantages que des inconvénients, réclament, de chaque côté de l'Atlantique, l'adoption, pour leur pays, du système qui les a séduits.

Depuis trente ans que les deux types de voitures ont été créés, les mœurs européennes se sont démocratisées, en même temps que les mœurs américaines se sont adoucies; les Américains ont mieux compris les agréments du chez soi et les Européens, les avantages des voyages en commun. C'est ainsi qu'un ingénieur américain me disait à l'Exposition uni-

verselle de 1867, que l'usage des voitures françaises se développait rapidement en Amérique, qu'elles y étaient considérées comme voitures de luxe et très-recherchées malgré une surtaxe élevée.

C'est du reste ce qu'a implicitement reconnu M. Simonin, quand il a parlé de voitures dans lesquelles le voyageur trouve des compartiments séparés en payant un supplément.

En Europe, c'est l'introduction des voitures américaines que réclame le groupe dont j'ai parlé et dont chaque année la presse se fait l'écho.

Un système de voitures qui réunirait les avantages des voitures anglaises et ceux des voitures américaines, sans en avoir les désavantages, obtiendrait certainement tous les suffrages.

II

De l'établissement et de l'exploitation des lignes.

Au point de vue de l'établissement des lignes, les conditions de leur construction s'opposent aussi à l'adoption des voitures américaines. En effet, la nature plus accidentée des pays d'Europe a nécessité un bien plus grand nombre de travaux d'art qu'en Amérique ; mais surtout, le prix des terrains étant incomparablement plus élevé, notamment en Angleterre et en France, et les lignes étant, en outre, généralement établies pour une double voie, on a dû ménager, autant que possible, les dimensions à donner à la voie et aux travaux d'art ; il en est résulté que l'espace libre laissé pour le passage des trains est sensiblement plus restreint en Europe qu'en Amérique. Des voitures de mêmes dimensions que celles employées en Amérique ne pourraient passer sur les chemins européens.

Cependant, malgré leur importance, les motifs qui viennent d'être développés ne sont pas assez absolus pour faire repousser entièrement l'usage des voitures américaines. A la rigueur, il ne serait pas impossible d'établir des voitures de ce dernier système qui puissent circuler en France sur les lignes construites sous le régime de la loi du 11 juin 1859, laquelle a porté l'entre-voie de 1m 80 à 2 m., et la hauteur libre verticale au droit des rails extérieurs, de 4m 30 à 4m 80 ; peut-être même pourrait-on, en restreignant un peu l'espace réservé aux voyageurs, établir des voitures du même genre pour les lignes construites antérieurement.

Il n'est pas, non plus, de toute impossibilité que nos populations

puissent s'accommoder, pour voyager, de trains ne comportant qu'une seule classe de place ; les idées d'égalité qui se développent de plus en plus poussent à ce résultat, surtout si les voitures étaient confortables, et si le prix des places, dans ces sortes de trains, était réduit ou établi en raison de la vitesse, qui est un des éléments les plus importants du prix de revient des transports.

En effet, chacun sait que la charge qu'une locomotive peut traîner est d'autant plus faible que la vitesse est plus grande, ce qui revient à dire que la même locomotive, avec la même dépense, pourra transporter beaucoup moins de voyageurs à grande vitesse qu'à petite vitesse ; ou, encore, que l'unité de trafic, transportée à 60 kil. (vitesse des trains express) coûte beaucoup plus cher qu'à la vitesse de 40 à 45 kil., qui est celle des trains omnibus, et à la vitesse de 30 à 35 kil., vitesse des trains mixtes en France et des trains ordinaires en Amérique.

Il serait donc équitable et conforme aux principes rationnels des transports de faire entrer dans la détermination des tarifs la vitesse, qui devrait en être un des éléments constitutifs ; j'ajoute qu'il ne semble pas du tout irrationnel de poursuivre la solution de ces deux natures de difficultés.

Mais l'obstacle le plus grand à l'emploi des voitures américaines, ce qui rend surtout impossible l'introduction de ces voitures en France, en Angleterre et dans tous les pays qui emploient les voitures anglaises, c'est, d'une part, l'obligation qu'entraînent les voitures américaines de réduire la vitesse moyenne des trains, laquelle devrait être abaissée à 30 ou 35 kil., vitesse normale des trains en Amérique ; d'autre part, l'augmentation considérable qui en résulterait pour les dépenses d'exploitation, augmentation qui appellerait nécessairement une élévation correspondante des tarifs.

En ce qui concerne la vitesse, on doit reconnaître que les personnes qui voyagent pour leur agrément et pour lesquelles le temps employé est peu de chose, tandis que le confortable et l'agrément forment le principal objet du voyage, les touristes, en un mot, ne forment qu'une très-petite minorité, et que la grande masse des voyageurs, au contraire, se compose de ceux pour qui le temps est de l'argent, qui voyagent pour leurs affaires, pour les étendre et surtout pour les accélérer et les multiplier. Pour ces derniers on ne voyage jamais ni assez vite, ni assez bon marché ; pour eux le confortable et l'agrément passent après le bon marché et la vitesse. La principale gloire des chemins de fer consiste précisément dans la réalisation de ces deux besoins et dans l'élan extraordinaire qu'ils ont donné aux échanges par suite de la rapidité des communications.

Toute réduction de la vitesse des trains de voyageurs serait considérée avec raison comme un recul et ne pourrait être acceptée. « Ce serait sacri-« fier à des avantages accessoires et accidentels les avantages d'une bien

« autre importance, auxquels le public européen tient essentiellement, et « auxquels il a parfaitement raison de tenir [1]. »

Cela est tellement évident et reconnu par tout le monde qu'il me paraît inutile d'insister davantage.

En ce qui concerne l'augmentation des dépenses d'exploitation qui résulterait de l'emploi de voitures américaines, il est nécessaire, pour bien en faire apprécier l'importance comparative, d'entrer dans quelques développements.

Dans le service des chemins de fer, l'unité d'exploitation à laquelle les dépenses et les recettes doivent toujours être ramenées, c'est le train.

Le train est l'ensemble des véhicules remorqués par une locomotive. Le train type, duquel on doit toujours chercher à se rapprocher, est celui qui utilise le mieux la puissance de traction de la locomotive qui le remorque.

Les chemins de fer sont, en général, établis aujourd'hui avec des rails de 35 à 38 kilogrammes le mètre courant, et avec des rampes et pentes ne dépassant guère qu'exceptionnellement 6 à 8 millimètres par mètre. Sur un chemin établi dans ces conditions moyennes, les locomotives à voyageurs le plus généralement employées pèsent de 25 à 30 tonnes; elles ont une puissance de traction de 3,000 à 3,500 kilogr.

Elles remorquent, à une vitesse de régime d'environ 40 à 50 kilomètres, des trains composés de seize voitures ordinaires. Tout le monde connaît ces voitures, par conséquent je n'en ferai pas la description; je dirai seulement que les voitures de toute classe, actuellement employées en France, ont en moyenne une longueur totale de 7^{m} 50 en dehors des tampons, un poids de six tonnes à vide et une contenance de quarante places.

Un train type de 16 voitures comprend ordinairement 4 voitures de 1re classe, 5 voitures de 2e classe et 7 de 3e classe; il contient 640 places, dont les 3/4 au plus sont occupés par 480 voyageurs; son poids total (voyageurs et véhicules) est de 130 tonnes, dont 96 tonnes de poids mort et 34 de poids utile, présentant un rapport de 2,8 pour 1.

La recette de ce train, au prix moyen de 7 centimes 1/2 par voyageur et par kilomètre, est pour chaque train de 36 francs. (Le prix de 7 cent. 1/2 est celui qui ressort des statistiques en laissant en dehors le prix des trains de plaisir et les prix privilégiés pour le transport des militaires et quelques autres classes de personnes.)

Les voitures du système américain dont j'ai les dessins sous les yeux, sont montées sur 8 roues; elles peuvent contenir 48 places; elles ont une longueur totale en dehors des tampons de $14^{m},15$ et pèsent 13,750 kilogrammes à vide.

1: M. Couche. *Voie et matériel roulant*, tome II, page 17.

Un train également de 130 tonnes de poids total, composé avec des voitures de ce modèle et qui serait remorqué par la même machine, et dans les mêmes conditions de charge, de vitesse et de dépenses que le précédent, comprendrait 8 voitures offrant ensemble 384 places dont les 3/4 occupés recevraient seulement 288 voyageurs au lieu de 480.

La recette kilométrique produite par ce train serait de 21 fr. 60 cent., au lieu de 36 francs; le poids mort traîné, de 110 tonnes, au lieu de 96 tonnes, et le poids utile, de 20 tonnes, au lieu de 34 tonnes; le rapport entre le poids mort et le poids utile de 5 1/2 pour 1, au lieu de 2,8 pour 1.

Les dépenses d'exploitation étant les mêmes pour chacun de ces trains, le produit de la recette avec le système américain serait de fr. 14,50 de moins par kilomètre qu'avec les voitures ordinaires.

Continuons la comparaison : les trains de 15 et 16 voitures ordinaires sont d'un usage journalier ; avec les voitures américaines, un train de la même contenance serait composé de 13 voitures; il pèserait 83 tonnes de plus qu'avec les voitures ordinaires, et la longueur du train serait de 184 mètres, au lieu de 115. Si on considère, en outre, d'une part, que les voitures américaines, à cause de leur peu de souplesse, présentent à poids égal une résistance plus grande que les voitures ordinaires, et d'autre part, qu'au delà d'une certaine limite la longueur des trains augmente sensiblement l'effort de traction, on reconnaîtra que, pour remorquer le train américain, il faudrait nécessairement ou doubler les machines ou dédoubler le train, ce qui revient à dire que, pour transporter le même nombre de voyageurs, les compagnies seraient obligées d'augmenter considérablement le nombre de leurs trains et le chiffre de leurs dépenses.

Enfin, si au lieu des trains de 5 à 600 voyageurs, dont nous venons de parler, il s'agissait de trains de 1000 voyageurs sur les grandes lignes et de 1200 sur les lignes de banlieue, comme ceux que nécessitent fréquemment l'affluence des voyageurs les jours de fête et les trains de plaisir, de pareils trains seraient matériellement impossibles avec les voitures américaines. En un mot, l'emploi de ces voitures aurait nécessairement pour conséquence d'abaisser notablement la puissance de transport des chemins de fer.

Donc, au point de vue de l'exploitation, tout aussi bien et plus encore qu'au point de vue des mœurs et à celui de l'établissement des lignes, la substitution des voitures américaines aux voitures ordinaires serait une mesure ruineuse et arriérée.

III

Du confortable et de la sécurité.

Il faut reconnaître néanmoins que le système des voitures américaines présente des avantages importants, depuis longtemps réclamés par l'opinion publique, et qu'il serait très-désirable de voir introduire dans nos chemins de fer.

Tels sont :

La circulation dans les trains;
L'emploi de siéges tournants pour mieux voir la campagne, et de lits ou de fauteuils-lits pour dormir;
Des cabinets de toilette;
Des cabinets d'aisance;
Des cabinets de lecture;
Des buffets pour manger et se rafraîchir.

Toutes ces améliorations sont incontestablement très-bonnes, et il devrait être tenu compte de l'opinion qui les réclame, s'il était démontré qu'elles puissent être réalisées sans de trop grandes dépenses de la part des compagnies et sans de trop grands sacrifices de vitesse et d'argent de la part du public.

A ce propos, il convient de répondre au reproche formulé par M. Simonin, « que les compagnies françaises n'ont fait aucun progrès, sous le « rapport des voitures de voyageurs, depuis 1842. »

Ce reproche n'est pas justifié; sans vouloir prétendre que les compagnies soient facilement accessibles aux propositions d'amélioration qui se produisent, je dois dire qu'étant donné le système qui a prévalu chez nous (et on a vu qu'il a été pour ainsi dire imposé avec juste raison par les meilleures considérations morales et économiques), les compagnies ont réalisé, lentement il est vrai, les améliorations dont le système était véritablement susceptible.

Il suffit, pour s'en convaincre, de comparer, sans parti pris, les voitures de 1842, qui existaient encore en 1852 et qui semblent oubliées, avec celles d'aujourd'hui.

Les voitures de troisième classe étaient découvertes et laissaient les voyageurs exposés à toutes les intempéries des saisons; elles n'avaient pas même, à l'origine, des bancs pour s'asseoir. Successivement, elles ont été munies de banquettes, puis couvertes, agrandies, éclairées et pourvues de glaces.

Les voitures de deuxième classe étaient basses, étroites, sales; les banquettes étaient dures, rembourrées avec du foin, de l'étoupe ou du warech, et recouvertes en coutil, sans stores ni filets. Elles sont maintenant hautes et larges; elles sont garnies en drap; les coussins et les dossiers sont rembourrés avec du crin; les baies et les portières ont été agrandies et munies de rideaux; il y a des stores et des tapis. Les voitures de première classe ont été aussi notablement agrandies, et leur garniture intérieure bien améliorée. Comparées aux anciennes, les voitures de première classe, sont de véritables voitures de luxe.

La solidité de toutes les voitures a été considérablement augmentée, ce qui a eu pour conséquence directe l'élévation sensible du poids-mort traîné et a été, pour les compagnies, une charge très-onéreuse.

Dans beaucoup de trains, on trouve des water-closets placés dans un compartiment spécial du fourgon.

Enfin, moyennant un supplément de prix, comme en Amérique, les compagnies tiennent à la disposition des voyageurs qui en font la demande, des places de coupé, des fauteuils-lits, des voitures à compartiment-lit avec water-closets et même des salons de famille avec lit et cabinets de toilette, etc., où l'on trouve un grand luxe et beaucoup de confortable.

Nous devons ajouter, toutefois, que les prix élevés demandés pour la jouissance de ces avantages, prix qui sont loin cependant d'être rémunérateurs pour les compagnies, sont accessibles à un très-petit nombre de voyageurs. Le peu d'usage qui est fait, en France, de ces places de luxe provient, en partie, de cette cause; mais il tient surtout à ce que le public est réfractaire à toute augmentation de tarifs, même quand elle se justifie par une dépense plus grande de la part des compagnies, pour lui procurer cet excédant de confortable.

Au point de vue de la sécurité, des statistiques incontestables, connues aujourd'hui de tout le monde, établissent que, de tous les moyens de transports, le chemin de fer est celui qui présente le plus de sécurité. Les accidents auxquels sont sujettes les voitures des particuliers, les voitures publiques, et en mer les navires, sont beaucoup plus fréquents, et font chaque année, proportionnellement, un bien plus grand nombre de victimes que les chemins de fer.

Il en est de même des risques d'attentats contre les personnes et des dangers d'incendie que courent les voyageurs dans les voitures de chemin de fer; ils sont infiniment moindres qu'on ne se le figure généralement.

La publication officielle, souvent répétée, de la liste de ces accidents devrait suffire pour rassurer l'opinion publique.

En tout cas, les voitures américaines n'en sont pas plus exemptes que les autres : témoin l'incroyable agression qui eut lieu au mois de novembre 1864 sur le chemin de fer de New-York au lac Érié, où deux

voyageurs furent assassinés et plusieurs autres blessés et volés par une bande de malfaiteurs qui avaient pris place dans le train. Tous les moyens imaginés, aussi bien en Europe qu'en Amérique, sont impuissants à empêcher des accidents pareils; c'est donc à tort, selon moi, qu'on a revendiqué l'adoption des voitures du système américain pour les prévenir.

Quoique les trajets soient généralement moins longs en Europe qu'en Amérique et que, pour cette raison, les agréments des voitures américaines y soient moins nécessaires, il faut reconnaître, cependant, que les lignes européennes s'allongent rapidement chaque année et que la durée des voyages augmente en proportion.

C'est ainsi que, pour la France seulement, nos lignes de Brest à Strasbourg ont 1125 kilomètres; de Cherbourg à Marseille 1235 kilomètres, et jusqu'à Nice 1460 kilomètres; de Calais à Bayonne 1115 kilomètres; que les trains internationaux de Paris à Berlin parcourent 1150 kilomètres; ceux de Paris à Vienne 1436 kilomètres; de Paris à Madrid 1386 kilomètres, et jusqu'à Carthagène ou Cadix 2000 à 2200 kilomètres. Tous ces trajets peuvent être comparés aux plus longues lignes américaines, la ligne du Pacifique exceptée, et encore cette ligne trouve-t-elle ses analogues en Europe, dans la ligne de Paris à Saint-Pétersbourg (2260 kilomètres), et à Moscou (environ 3000 kilomètres); elle l'aura bientôt dans celle de Paris à Constantinople et à la mer Caspienne.

Il serait donc, à ce point de vue, je le répète, très-avantageux pour les voyageurs qui parcourent d'aussi grandes distances, et même pour de moindres trajets, de trouver dans le matériel les agréments que présentent les voitures américaines réunis à ceux des voitures du système anglais, c'est-à-dire de pouvoir, alternativement, soit s'isoler dans un compartiment, soit circuler dans le train, de manière à y trouver les agréments des voitures américaines.

Ce résultat peut être atteint par les voitures à double étage. Ces sortes de voitures constituent un troisième système qui a pris naissance sur les lignes de banlieue de Paris et que, pour cette raison, j'appellerai le système français, pour le distinguer des deux autres systèmes, anglais et américain.

Pendant longtemps, l'usage en a été limité à quelques lignes spéciales et notamment aux lignes de banlieue, où elles ont rendu de très-grands services.

Les voitures à double étage commencent à se propager ; il en existe en Russie, sur le chemin de Nicolas (Pétersbourg à Moscou), dans lesquelles le deuxième étage contient des lits ; dans les Indes, M. Wilson les a adoptées pour les lignes de Lucknow à Cawnpore, de l'India-Brauch et de l'Oudé à Rohilkund ; M. Kenedy en a introduit également sur le chemin de Bombay à Baroda.

En France, elles n'ont commencé à se développer sérieusement, sur les grandes comme sur les petites lignes, que depuis l'Exposition de 1867, où figuraient deux voitures de ce système, dans lesquelles d'importantes modifications avaient été introduites. Les modifications dont je veux parler ont rendu les voitures à deux étages propres aux transports des voyageurs en toute saison et sur toutes les lignes.

Employées sur quatorze lignes différentes, ces nouvelles voitures sont, aujourd'hui bien connues. Elles se composent de deux caisses superposées : la caisse inférieure, qui comprend des compartiments séparés pour les première, deuxième et troisième classes, conserve la disposition des voitures du système anglais ; l'étage supérieur présente la disposition des voitures américaines, avec passage longitudinal dans le milieu et banquettes disposées de chaque côté du passage. L'ensemble est monté sur un châssis surbaissé, en fer, d'une disposition particulière, qui a permis d'abaisser la caisse d'environ 0^m50, tout en conservant les conditions ordinaires de roulement, d'attelage et de tamponnement, et laissant le périmètre extérieur de la voiture s'inscrire avec un jeu suffisant dans le gabarit des travaux d'art.

Des escaliers ou plutôt des perrons, de sept à huit marches seulement, placés aux extrémités de chaque voiture, donnent un accès facile et rapidement franchi du quai à l'étage supérieur ; il suffirait d'une petite passerelle jetée d'un escalier à l'autre, pour établir la circulation entre les voitures.

Le jury de la classe 63, dans son rapport sur le matériel des chemins de fer à l'Exposition universelle de 1867, a résumé ainsi le caractère économique de ces voitures :

« Pouvant contenir 60 à 80 places de toutes classes, ces voitures donnent, par mètre carré de surface de plancher, près de quatre voyageurs, tandis que les voitures ordinaires de deuxième classe donnent à peine deux voyageurs par mètre carré de surface de plancher. »

« La comparaison de ces deux chiffres (ajoute-t-il) indique l'économie que doit apporter l'emploi de semblables voitures. »

Si on applique aux voitures à deux étages les règles d'après lesquelles j'ai comparé tout à l'heure la valeur économique des deux premiers systèmes de voitures, anglais et américain, on obtient les résultats suivants :

Dans les mêmes conditions de charge, de vitesse et de dépense, un train de 130 tonnes de poids total, comme celui qui nous a déjà servi de terme de comparaison, comprendrait 11 voitures à deux étages, de 78 places chacune; il contiendrait 858 places, dont les 3/4 occupés recevraient 644 voyageurs, au lieu de 470 que donnent les voitures ordinaires et 288 les voitures américaines.

Le poids mort traîné, qui est de 110 tonnes avec les voitures américaines et de 96 avec les voitures ordinaires, descend à 85 tonnes avec les voitures à deux étages; le poids utile s'élève d'une quantité correspondante, c'est-à-dire de 20 tonnes dans le premier cas, de 34 dans le deuxième et de 45 tonnes dans le troisième. Le rapport entre le poids mort et le poids utile suit la même proportion : de 5,5 pour 1 qu'il est avec les voitures américaines, et de 2,8 pour 1 avec nos voitures ordinaires, il descend à 1,8 pour 1 avec les voitures à deux étages.

Enfin, la recette kilométrique, au prix moyen de 7 centimes et demi par voyageur, qui est de 21f,60 avec les voitures américaines et de 36 francs avec les voitures ordinaires, s'élèverait à 48f,30 avec les voitures à deux étages.

Ces différences montrent quelle est la valeur relative des trois systèmes de voitures, au point de vue économique. Après avoir reproduit, dans son grand ouvrage sur *La voie, le matériel roulant et l'exploitation technique des chemins de fer*, tome II, pages 51 et 52, les avantages économiques des voitures à deux étages que nous venons d'énumérer, M. Couche ajoute ces mots caractéristiques : « CELA EST EXACT. »

Examinées au point de vue du confortable, les voitures à deux étages dont il s'agit présentent les avantages suivants :

1° L'abaissement du seuil des portières et la suppression des palettes supérieures des marchepieds, qui en a été la conséquence, ont rendu beaucoup plus faciles que dans les voitures ordinaires la montée et la descente des voyageurs de la caisse inférieure. On peut y entrer et en sortir pour ainsi dire de plain-pied avec les quais, sans recourir aux mains courantes dont le secours est indispensable, et auxquelles on est obligé de se suspendre pour sortir des voitures ordinaires.

2° L'étage supérieur, qui domine les clôtures du chemin et que sa ceinture de glaces mobiles permet de clore à volonté ou de transformer en terrasse, facilite singulièrement la vue de la campagne; le voyageur y trouve, en été, une fraîcheur agréable, en même temps qu'il y est débarrassé de l'inconvénient de la poussière.

3° L'abaissement notable de la voiture permet d'élargir la caisse inférieure de tout l'espace occupé par les marchepieds supprimés et par les signaux de côté, lesquels se placent au-dessus de la corniche pour con-

server la même position par rapport à la voie. Cet élargissement, de 25 centimètres, compense largement une diminution de 10 à 15 centimètres sur la hauteur intérieure des plus hautes voitures actuelles : en effet, la position assise étant la règle et la position debout l'exception, un accroissement d'espace est plus utile au voyageur dans le sens de la largeur que dans le sens de la hauteur, du moment, bien entendu, que celle-ci est suffisante pour qu'on puisse se tenir debout. Or, la hauteur intérieure peut être, dans les voitures à deux étages, de 1m 70 et même de 1m 75; cela suffit.

L'espace réservé à chaque voyageur varie, naturellement, selon les dimensions des différents modèles qui ont été établis; il peut être rendu facilement égal à celui des plus grandes voitures ordinaires. Ainsi, dans les voitures à deux étages, du modèle de l'Est, cet espace est supérieur, pour les voyageurs de deuxième et de troisième classe, à celui des voitures actuelles de l'Ouest; il est un peu inférieur pour les places de première classe; en tous cas, il est deux fois plus grand que l'espace réglementaire fixé par l'ordonnance du 11 novembre 1846.

Au moyen d'un léger sacrifice de quelques places, on pourrait augmenter encore notablement l'espace et le confortable des voyageurs : on pourrait, comme dans la première voiture de ce genre que j'ai fait construire, donner aux voyageurs de première classe des coupés à fauteuil-lit; à ceux de deuxième classe, des compartiments analogues à ceux de première classe ordinaire; aux voyageurs de troisième classe, des siéges rembourrés. On élèverait ainsi d'un degré le confortable de chaque classe, tout en laissant entre elles des différences équivalentes à celles qui existent aujourd'hui. On pourrait réserver à l'étage supérieur de chaque voiture un compartiment pour recevoir, dans les unes, un water-closet, dans d'autres un cabine de toilette, des lits, comme sur le chemin Nicolas, un buffet, etc.; en un mot, tout le confortable des voitures américaines.

Le quart au moins des places étant généralement inoccupé dans les voitures, une partie des voyageurs de la caisse inférieure pourrait, aux stations, monter à l'étage supérieur et jouir alternativement des avantages des deux systèmes.

Des craintes se sont manifestées sur la manière dont les voitures à deux étages se comporteraient à des vitesses supérieures; il convient donc d'examiner ces voitures au point de vue de la stabilité.

A ce point de vue, il y a deux choses à considérer :

1° La douceur de la voiture pendant la marche;

2° La sécurité que le système présente contre les chances de déraillement par l'effet de la force centrifuge dans les courbes.

On dit d'une voiture qu'elle est bonne, qu'elle est douce, quand les voyageurs qu'elle contient n'éprouvent, pendant la marche, que des mouvements peu sensibles. Sous ce rapport, les voitures à deux étages ne le cèdent point aux meilleures voitures en service sur les chemins de fer. Cette qualité s'explique, d'abord, par le grand écartement des essieux qui forment la base de l'ensemble; ensuite, par l'abaissement des châssis et des banquettes de la caisse inférieure qui, dans toute voiture, constituent la partie lourde; enfin, par le poids total de la voiture.

Tout le monde sait, en effet, qu'une voiture est d'autant plus douce qu'elle est plus chargée; or, le chargement des voitures à deux étages étant double de celui des voitures ordinaires, celles-là sont, en service, beaucoup plus lourdes et par conséquent plus douces que celles-ci. Quiconque, au surplus, a voyagé dans une voiture à deux étages a pu reconnaître qu'une des qualités essentielles de cette espèce de voitures est la douceur. Il suffit d'en comparer l'usage avec celui des voitures ordinaires pour être convaincu des bonnes conditions de stabilité des voitures à deux étages. Mais, pour être juste, la comparaison doit être faite entre des voitures circulant sur la même voie et à la même vitesse; car l'état de la voie et la vitesse sont les deux choses qui influent le plus sur la douceur des voitures.

Sous le rapport de la sécurité, on est bien vite rassuré lorsqu'on sait que les voitures à deux étages, désignées sous le nom de *voitures à impériale*, sont depuis un grand nombre d'années en service, et que notamment sur les lignes de banlieue des compagnies de l'Ouest, du Nord, de l'Est et de la Ceinture, leur nombre dépasse *neuf cents*.

La compagnie de l'Ouest en possède, à elle seule, 526; celle de l'Est, 236; le Nord et la Ceinture en ont environ 150.

Un exemple fera juger du service considérable que font ces voitures : dans une seule journée, celle du 2 juin 1867, où avaient lieu, en même temps, les courses de grand prix au bois de Boulogne et les grandes eaux à Versailles, la compagnie de l'Ouest a fait 585 trains de banlieue, formés de voitures à impériale, qui ont transporté 195,766 voyageurs.

J'ajoute que ces voitures circulent depuis plus de vingt ans dans des trains dont le nombre s'élève chaque jour à plusieurs centaines; qu'elles transportent annuellement plus de 25 millions de voyageurs; que, pendant l'été, à cause de la grande chaleur qui rend pénible le séjour dans la caisse inférieure, il arrive fréquemment que la plupart des voyageurs

montent sur l'impériale, laissant la caisse inférieure à peu près vide, présentant ainsi la plus mauvaise condition de stabilité, sans que jamais, pendant une aussi longue période et sur un nombre aussi considérable de trains, il se soit produit un seul accident qui ait pu être attribué à la force centrifuge.

Ce serait une erreur de croire que les voitures de banlieue ne circulent qu'à des vitesses inférieures. Les trajets semblent longs à cause du grand nombre de stations et d'arrêts que comportent ces lignes; mais les trains, remorqués par des machines très-puissantes, atteignent, par moments, des vitesses très-grandes. Leur marche est généralement établie sur une vitesse de 50 kilomètres à l'heure (ralentissement et arrêt réglementaire d'une minute aux stations non compris); mais, à cause du grand nombre de voyageurs, le stationnement est toujours d'au moins deux minutes, auxquelles s'ajoutent une minute pour démarrer le train et une autre pour l'arrêter à chaque station; tout ce temps perdu doit être regagné par une augmentation de vitesse. Aussi ces trains vont-ils fréquemment, en pleine marche, jusqu'à 70 et 75 kilomètres, et quelquefois au delà, lorsque aux retards quotidiens s'ajoutent des retards produits extraordinairement par un signal tourné à l'arrêt ou par toute autre cause.

Lors donc qu'une expérience aussi prolongée, et faite sur une aussi vaste échelle, n'a donné lieu à aucun déraillement ni renversement, on peut affirmer hautement que l'usage des voitures à impériale ne présente aucun danger sous le rapport de la stabilité.

Cette affirmation peut s'appliquer, à plus forte raison, aux voitures à deux étages du nouveau système, qui se trouvent dans des conditions de stabilité bien plus favorables encore que les voitures à impériale ordinaires.

En effet, par l'emploi des châssis surbaissés, tout ce qui constitue la partie lourde de la voiture a été abaissé de 40 à 50 centimètres, en sorte que le centre de gravité se trouve abaissé proportionnellement.

Le tableau suivant donne les hauteurs comparées des centres de gravité des voitures ordinaires, des voitures à impériale et des voitures à deux étages à châssis surbaissé, les unes et les autres considérées à vide.

DÉSIGNATION des diverses parties DES VOITURES.	POIDS de chacune des parties dont se compose la voiture.	HAUTEUR du centre de gravité de chaque partie de la voiture.		POIDS de chaque partie ajouté successivement au poids de la partie qui précède.	HAUTEUR au-dessus des rails du centre de gravité correspondant à ces poids.
		Au-dessus du centre de gravité de la partie précédente.	Au-dessus des rails.		
Voitures de 2e classe ordinaires.	kilogs.	mètres.	mètres.	kilogs.	mètres.
Deux paires de roues	1.700	0.500	0.500	1.700	0.500
	1.900	0.500	1.000	2.600	0.765
Caisse	2.700	0.900	1.000	6.300	**1.250**
Voitures à impériale.					
Deux paires de roues	1.600	0.500	0.500	1.600	0.500
Châssis	2.400	0.500	1.000	4.000	0.800
Caisse inférieure	3.000	0.875	1.875	7.000	1 260
Impériale	900	1.450	3.325	7.900	**1.495**
Voitures à deux étages.					
Deux paires de roues	1.500	0.450	0.450	1.500	0.450
Châssis	2.000	0.300	0.750	3.500	0.620
Caisse inférieure	3.000	0.750	1.500	6.500	1.025
Caisse supérieure	1.300	0.960	2.460	7.800	**1.375**

Comme on le voit par ce tableau, l'addition, dans les voitures à deux étages à châssis surbaissé, d'une deuxième caisse de 1m 70 de hauteur au-dessus de la première, n'a relevé le centre de gravité que de 0m 125 au-dessus de celui des voitures ordinaires, tandis qu'il est relevé de 0m 245 dans les voitures à impériale ordinaires. Comparé à celui des voitures à impériale ordinaires, le centre de gravité a été abaissé de 0m 120.

En charge, l'écart entre les centres de gravité des deux modèles de voitures augmente. En effet, par l'application du châssis surbaissé, les banquettes de chaque caisse qui reçoivent les voyageurs, c'est-à-dire le chargement, étant placées à 0m 500 plus bas dans les voitures à deux étages que dans les voitures à impériale, le centre de gravité du chargement, dans les deux caisses, se trouve abaissé d'autant, et comme le poids du chargement forme une part importante du poids total, il en résulte, entre les centres de gravité des deux espèces de voitures, un écart plus grand quand elles sont chargées que quand elles sont vides.

Le tableau qui précède montre également que si l'on appliquait le châssis surbaissé aux voitures à une seule caisse, c'est-à-dire si l'on supprimait l'étage supérieur, le centre de gravité serait abaissé de 0m 225, et qu'au lieu d'être à 1m 250 du sol, il ne serait plus qu'à 1m 025. Une semblable application serait particulièrement avantageuse aux voitures spécialement affectées aux trains express de très-grandes vitesses, elle en augmenterait notablement la stabilité et la douceur.

Le raisonnement démontre donc et la pratique a confirmé que les voitures à deux étages présentent une très grande stabilité; que, sous le rapport de la douceur pendant la marche, elles sont au moins de pair avec les meilleures voitures ordinaires; enfin, qu'au point de vue de la sécurité, elles sont de beaucoup préférables au très-grand nombre de voitures à impériale qui font, depuis vingt ans, un service de transport des plus actifs sur les lignes de banlieue.

J'ai renouvelé l'année dernière, avec une voiture de ce système que je suis allé conduire en Italie par le Brenner, l'expérience que j'avais déjà faite en 1864 entre Bruxelles et Malines. Partis de Bologne avec une voiture à deux étages et un fourgon, attelés à une machine à voyageurs, nous avons franchi, à grande vitesse, la traversée des Apennins entre Bologne et Pistoie. On rencontre dans cette traversée un très-grand nombre de tunnels et de courbes ayant les plus petits rayons usités. La voiture s'est parfaitement comportée, et toutes les personnes qui ont assisté à l'expérience ont été unanimes à reconnaître la grande stabilité que présente ce genre de voiture. Elle s'est également bien comportée à la descente du Brenner et sur tous les points de notre long parcours.

Quant à l'objection qui consiste à dire que les voitures à deux étages pourraient être renversées par le vent, cette objection ne me paraît pas sérieuse; vouloir subordonner les grands avantages que présentent les

voitures dont il s'agit à des faits aussi exceptionnels, c'est comme si on demandait de supprimer les navires pour la même cause.

Les tempêtes sont communes sur toutes les mers, et les naufrages y abondent ; sur terre, au contraire, des orages capables de renverser un train de chemin de fer sont infiniment rares ; ils ne se produisent d'ailleurs que dans un très-petit nombre de localités. Combien d'accidents dus à cette cause pourrait-on compter ? Combien de voyageurs y ont-ils péri ?

Sans doute on ne peut prévoir où s'arrêteront les effets d'une tempête extraordinaire ; il n'est pas impossible que des voitures puissent être renversées ; mais les voitures ordinaires ne sont pas plus à l'abri de ce danger que les voitures à deux étages, car si les unes sont moins hautes, les autres sont plus pesantes, ce qui fait compensation. « Il est facile de « s'assurer que la vitesse du vent, pour laquelle le moment de renver- « sement se rapprocherait du moment de stabilité, est si rarement atteinte « dans les pays tempérés, qu'il n'y a pas à s'en préoccuper.

« On a vu sur la ligne de Narbonne à Perpignan et sur celle de Vienne « à Trieste (traversée du Karst) des exemples de voitures renversées par « le vent ; mais où en serait-on si l'on voulait régler l'établissement du « matériel d'après deux ou trois faits isolés ? Autant vaudrait chercher « à mettre les constructions, et notamment les combles, en état de ré- « sister aux trombes, parce qu'elles font de temps en temps quelques « ravages [1]. »

Cette nature de danger préoccupe si peu, qu'elle n'a pas empêché l'adoption des voitures à deux étages, même sur les hauts plateaux qui avoisinent Perpignan. Des voitures à deux étages circulent depuis deux ans sur la ligne de Perpignan . Prades, et les ingénieurs de cette ligne n'ont pas plus de craintes pour ces voitures que pour les voitures ordinaires.

En résumé, ce sont les mœurs des populations, les exigences spéciales de l'exploitation, le tracé du chemin et l'état des voies, qui ont à l'origine déterminé l'adoption ici, des voitures du système anglais, ailleurs, de celles du système américain. Ces deux systèmes présentent des avantages et des inconvénients inhérents à chacun d'eux. La comparaison des deux systèmes ne fait pas ressortir dans chaque pays d'avantages suffisants pour le faire renoncer aux voitures auxquelles il est habitué, et dont le système décale naturellement de l'ensemble des conditions locales.

1. M. Couche, *Voie et matériel roulant*, tome II, page 53.

Par le développement considérable des échanges et des voyages internationaux, par les rapports multipliés des hommes de toutes les nations. les oppositions que présentent leurs mœurs tendent à s'effacer.

Il s'est formé dans chaque pays un groupe de plus en plus nombreux qui aspire à s'assimiler et à jouir des avantages de toutes les choses qui ont été reconnues bonnes dans les autres pays.

Dans sa communication du 18 juin à la Société des Ingénieurs civils, dans ses nombreuses conférences et dans les articles de journaux qu'il a publiés sur le même sujet, M. Simonin s'est fait l'organe de ce groupe en France; il a indiqué les tendances et formulé les revendications dont il doit être tenu un compte sérieux : c'est la recherche des vérités contenues dans sa revendication qui m'a fait donner à cette question d'aussi longs développements.

J'ai montré que le peu de souplesse des voitures américaines et l'énorme différence qui existe dans ces voitures entre le poids mort qui coûte et le poids utile qui rapporte avaient pour conséquence de réduire la vitesse des trains et d'augmenter, dans une grande proportion, les dépenses et les charges déjà trop grandes des compagnies qui exploitent les chemins de fer; que c'était la véritable raison qui rendait l'adoption du système américain impossible en Europe, et notamment en France, où l'établissement des voies ferrées a été beaucoup plus onéreux qu'en Amérique, ce qui a fait restreindre les dimensions de la voie et des véhicules.

Je crois avoir montré enfin que les voitures à deux étages, qui conservent à l'étage inférieur la disposition anglaise et présentent à l'étage supérieur la disposition du système américain, tout en conservant la plus grande partie de leurs avantages sans les inconvénients et en augmentant au contraire dans une forte proportion le rendement de chaque véhicule, constituent un troisième système que j'ai appelé système français, appelé à accroître notablement la puissance des transports.

Avec les améliorations que les ingénieurs y apporteront et les modifications utiles que le temps et l'usage devront nécessairement faire reconnaître, ce système résoudra la question soulevée par M. Simonin. Il respecte les mœurs de chaque pays, il permet d'augmenter le confortable des voyageurs, et donne satisfaction à toutes les opinions, en même temps qu'il diminue les charges et les dépenses des compagnies.

Il est appelé, j'en ai la conviction, à remplacer, dans un temps plus ou moins rapproché, les deux autres systèmes de voitures en usage, comme les grandes voitures actuelles ont remplacé les petites voitures d'autrefois. Il amènera enfin la réduction des tarifs réclamée avec encore plus d'instances que l'augmentation du confortable des voitures.

Paris. — Imprimerie VIÉVILLE et CAPIOMONT, rue des Poitevins, 6.

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

(JUILLET, AOUT, SEPTEMBRE 1870)

N° 11

Pendant ce trimestre, les séances de la Société ayant été interrompues, nous ne donnerons ici que le titre des questions qui ont été traitées dans *la séance* du 1er juillet.

1° *Chemin de fer d'intérêt local. Loi du 12 juillet* 1865, par M. Dagail (séance du 1er juillet, page 318).

2° *Des machines à vapeur*, compte rendu de l'ouvrage de M. Jacqmin, ingénieur en chef des ponts et chaussées, par M. Dieudonné (séance du 1er juillet, page 319).

3° *Analyse volumétrique du fer, des alcalis et acides minéraux* (Nouvelles Méthodes d'), par M. Paul Charpentier (séance du 1er juillet, page 325).

Pendant ce trimestre, la Société a reçu :

1° De M. Dagail, membre de la Société, une note sur des *Modifications à apporter à la loi du 12 juillet* 1865 *sur les chemins de fer d'intérêt local.*

2° De M. Roubée, membre de la Société, une note sur les *Chemins de fer d'intérêt local*, et le système Cottrau.

3° De M. Caillaux, membre de la Société, une note sur les *Mines métalliques de la France.*

4° De Son Excellence M. Echegaray, Ministre des travaux public d'Espagne, un exemplaire de son ouvrage intitulé : *Introduccion á la geometria superior.*

5° De M. Rafael Chamorra, un exemplaire de son ouvrage intitulé : *Nuevo sistema para explicar el calor, la luz, la electricidad y el magnetismo.*

6° De M. Martin de Brettes, lieutenant-colonel, un exemplaire de la traduction qu'il a faite du rapport de M. Doppelmair, capitaine d'artillerie de la garde russe, sur les *Expériences comparatives exécutées en 1868 près de Berlin, avec un canon prussien en acier Krupp, se chargeant par la culasse, et le canon Wolwich de 228 mill.*

7° De M. Belleville, membre de la Société, un exemplaire de son *Questionnaire à l'usage des mécaniciens de la flotte.*

8° De M. Piarron de Mondesir, ingénieur des ponts et chaussées, un exemplaire de son ouvrage intitulé : *Dialogues sur la Mécanique.*

9° De M. Édouard Collignon, ingénieur des ponts et chaussées, un exemplaire de son *Cours de mécanique appliquée à la construction* (2e partie, *Hydraulique*).

10° De M. Tardieu, membre de la Société, la collection de sa Revue périodique *la Sucrerie indigène.*

11° *Annales industrielles*, les numéros du troisième trimestre 1870.

12° De la *Société des ingénieurs civils d'Écosse*, leur bulletin du troisième trimestre de 1870.

13° De l'institution *of Mechanical Engineers*, les numéros du deuxième trimestre 1870 de son bulletin.

14° De la *Société industrielle de Reims*, les numéros de son bulletin de novembre et décembre 1869.

15° De la *Revue horticole*, les numéros du troisième trimestre 1870.

16° De la *Gazette du Village*, les numéros du troisième trimestre 1870.

17° De la *Société des ingénieurs autrichiens*, les numéros 1, 2, 3 et 4 de 1870, de leur *Revue périodique*.

18° Du *Journal Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens*, le numéro 4 de 1870.

19° De la *Société de l'industrie minérale de Saint-Etienne*, le numéro du premier trimestre 1870 de son bulletin.

20° Du *Journal d'agriculture pratique*, les numéros du troisième trimestre 1870.

21° De la *Revue d'architecture*, le numéro 12 de l'année 1869.

22° De la Revue *les Mondes*, les numéros du troisième trimestre 1870.

23° Du journal *The Engineer*, les numéros du troisième trimestre 1870.

24° De la *Société d'encouragement*, les numéros du troisième trimestre 1870 de son bulletin.

25° De la *Société de géographie*, les numéros du troisième trimestre 1870 de son bulletin.

26° De la *Société impériale et centrale d'agriculture*, le numéro de février 1870 de son bulletin.

27° Du journal *l'Invention*, les numéros du troisième trimestre 1870.

28° De la *Revista de obras publicas*, les numéros du troisième trimestre 1870.

29° De la *Revue des Deux-Mondes*, les numéros du troisième trimestre 1870.

30° De la *Revue contemporaine*, les numéros du troisième trimestre 1870.

31° Du journal *le Moniteur des travaux publics*, les numéros du troisième trimestre 1870.

32° Du *Journal de l'éclairage au gaz*, les numéros du troisième trimestre 1870.

33° Du journal *l'Isthme de Suez*, les numéros du troisième trimestre 1870.

34° Des *Annales du Génie civil*, les numéros du troisième trimestre 1870.

35° Du *Journal des chemins de fer*, les numéros du troisième trimestre 1870.

36° Du journal *le Cosmos*, les numéros du troisième trimestre 1870.

37° Du *Génie industriel*, les numéros du troisième trimestre 1870.

38° Du journal *la Semaine financière*, les numéros du troisième trimestre 1870.

39° Des *Annales des Conducteurs des ponts et chaussées*, les numéros du troisième trimestre 1870.

40° Des *Nouvelles Annales de la construction*, les numéros du troisième trimestre 1870.

41° Du *Portefeuille économique des machines*, les numéros du troisième trimestre 1870.

42° Du *Propagateur des travaux en fer*, les numéros du troisième trimestre 1870.

43° Des *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, les numéros du troisième trimestre 1870.

44° De la *Propagation industrielle*, les numéros du troisième trimestre 1870.

45° Du journal *Engineering*, les numéros du troisième trimestre 1870.

46° Des *Annales des ponts et chaussées*, les numéros du troisième trimestre 1870.

47° *Société industrielle de Saint-Quentin et de l'Aisne*, le quatrième numéro de son bulletin de 1870.

48° *Société académique d'agriculture, des sciences, arts et belles-lettres du département de l'Aube*, le tome VI de la troisième série de son bulletin.

49° *Institution of civil Engineers*, le numéro de leurs minutes of Proceddings de 1870.

50° *Société des Ingénieurs anglais*, le numéro de leurs transactions pour l'année 1870.

51° Du *Comité des forges de France*, les numéros 63 à 64 du bulletin.

52° De la *Société industrielle de Mulhouse*, le numéro de juin 1870 de son bulletin.

53° De l'*Association des anciens élèves de l'École de Liége*, les numéros 3 et 4 de 1870 de son bulletin.

54° Des *Annales des mines*, les numéros des 4e, 5e et 6e livraisons de 1870.

55° De la *Revue universelle des mines et de la métallurgie*, les numéros du troisième trimestre 1870.

56° De l'*Aéronaute*, bulletin international de la navigation aérienne, les numéros du deuxième trimestre 1870.

57° Du *Moniteur des fils, des tissus, des apprêts et de la teinture*, les numéros du troisième trimestre 1870.

58° *Société impériale des sciences, de l'agriculture et des arts de Lille*, le numéro du quatrième trimestre 1868 de son bulletin.

59° *A Magyar Mémök-Egyesület Közlonye*, les numéros du troisième trimestre 1870.

60° De la *Société des anciens élèves des Écoles impériales d'arts et métiers*, les numéros de son bulletin du troisième trimestre 1870.

61° De la *Société Vaudoise des Sciences naturelles*, le numéro de juin 1869 de son bulletin.

62° *Société des Architectes et Ingénieurs du Hanovre*, le numéro 5 de 1869 de leur bulletin.

63° *Société des Arts d'Edimburgh*, le deuxième numéro de son bulletin.

Les Membres admis pendant le troisième trimestre sont :

Au mois de juillet :

MM. **Cranney**, présenté par MM. Jordan, Loustau et E. Muller.
Joannis, présenté par MM. de Blonay, Guébhard et Vuillemin.
Lecouteux, présenté par MM. E. Flachat, Laurens et Peligot.
Mulot, présenté par MM. Callon, Dru (Léon), Dru Saint-Just.
Rebière, présenté par MM. Guébhard Lefèvre et Vuillemin.
Turckheim (de), présenté par MM. Bonnet (Félix), Gambaro et Vuillemin.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU

IIIe TRIMESTRE DE L'ANNÉE 1870

Séance du 1er Juillet 1870.

Présidence de M. VUILLEMIN.

Le procès-verbal de la séance du 17 juin est adopté.

M. LE PRÉSIDENT annonce que M. Le Bon vient d'être nommé commandeur de l'ordre d'Isabelle la Catholique, et M. Charles Manby chevalier de l'ordre du Danebrog du Danemark.

M. LE PRÉSIDENT a reçu de M. Brunt, membre de la Société, une nouvelle lettre au sujet de la communication de M. Laming relative aux *moyens de remédier aux variations de la pression du gaz d'éclairage*. Déjà une première lettre, contenant des renseignements techniques, avait été insérée dans le procès-verbal de la séance du 20 mai dernier; la lettre de ce jour, sans produire de faits nouveaux, tendrait à introduire des questions de personnes et à mettre le sujet sur un terrain commercial, ce qui ne peut être admis par la Société.

M. LE PRÉSIDENT rappelle qu'il est de tradition constante que la Société n'est pas solidaire des opinions émises par ses membres dans les discussions, ni responsable des notes ou mémoires publiés dans le Bulletin.

M. LE PRÉSIDENT a reçu également une lettre de M. Dagait, membre de la Société, dans laquelle cet ingénieur signale quelques modifications à apporter à la loi du 12 juillet 1865 sur les chemins de fer d'intérêt local, et, entre autres, l'abréviation des formalités de concession. Il préférerait qu'au lieu d'augmenter la part de l'État dans les subventions, l'administration supérieure invitât les Conseils généraux à ne concéder que des lignes productives, si l'on met une juste proportion entre la dépense et les recettes probables, ce qui, dans la plupart des cas, conduit à l'adoption

de la voie réduite de largeur et de poids. Bien que la loi de 1865 n'en parle pas, le rapport très-remarquable qui a précédé l'adoption de cette loi prévoit leur emploi.

M. Dagail joint à cette lettre un tableau indiquant entre autres, pour chaque recette kilométrique comprise entre 2,500 et 10,000 fr., la subvention nécessaire, le capital industriel qui peut être dépensé en outre, et la solution à adopter. Ces renseignements seront inscrits *in extenso* dans le Bulletin trimestriel.

M. le Président annonce que M. Nordling retire la phrase insérée dans le procès-verbal de la séance du 3 juin dernier, qui avait éveillé la susceptibilité d'un grand nombre de membres de la Société.

Il est ensuite procédé à l'élection : 1° d'un Vice-Président, en remplacement de M. Nordling ; 2° de deux membres du Comité.

M. Emile Muller ayant obtenu la majorité est élu Vice-Président, et MM. Huet et Maldant membres du Comité.

M. le Président donne la parole à M. Dieudonné, pour rendre compte de l'ouvrage de M. Jacqmin intitulé : *Des machines à vapeur*. Leçons faites, en 1869-70, à l'École impériale des ponts et chaussées, par M. Jacqmin, ingénieur en chef des ponts et chaussées, directeur de l'Exploitation des chemins de fer de l'Est.

L'ouvrage comprend deux volumes grand in-octavo, de 500 pages chacun. Il se divise en sept parties, subdivisées en chapitres.

Dans la première partie, l'auteur décrit d'abord l'immensité de la révolution économique produite par la machine à vapeur. Aucune autre invention humaine n'a eu, suivant lui, de pareilles conséquences.

Puis il expose l'historique et les principes de la théorie mécanique de la chaleur. Nous recommandons la lecture de ce chapitre, clairement et sobrement traité. On y trouvera quelques extraits du livre de Sadi-Carnot, qui doit être considéré comme le point de départ de cette théorie. L'auteur cite les travaux de Clausius, Clapeyron, Rumfort, Joule, Verdet et de MM. Combes, Meyer (d'Heilbronn) et Hirn.

M. Bourjet, professeur à la Faculté des sciences de Clermont-Ferrand, a démontré par un calcul fort simple que l'existence et la mesure de l'équivalent mécanique de la chaleur peuvent se déduire des lois bien connues de Mariotte et de Gay-Lussac. On lira ce calcul avec intérêt.

La puissance motrice de la chaleur peut être comparée à la puissance motrice d'une chute d'eau. La quantité d'action recueillie dépend de la hauteur de chute, calorique ou eau. On augmente le travail en augmentant l'écart entre la température inutile et la température finale.

L'auteur examine ensuite les machines thermiques, autres que les machines à vapeur d'eau, spécialement les machines à air chaud, et compare les unes et les autres.

Dans la machine à vapeur d'eau, il y a de la chaleur perdue pour opérer le changement d'état. De plus, on ne peut porter la température de l'eau à plus de 180 degrés, parce qu'on arrive à des pressions de 10 à 11 atmosphères que la nature des enveloppes ne permet pas de dépasser ; d'où l'impossibilité, dans ces machines, d'augmenter l'écart entre les températures initiale et finale.

Avec l'air chaud, il n'y a pas de changement d'état. On peut atteindre la tempé-

rature de 273 degrés, sans que la pression dépasse deux atmosphères dans le cylindre. La théorie semble donc indiquer que la machine à air chaud est beaucoup plus économique.

Mais en approfondissant davantage la question, un illustre physicien, Verdet, a démontré que la machine à air chaud ne peut donner une aussi grande économie qu'on l'avait d'abord espéré.

Dans la pratique, les machines à air chaud rencontrent de graves obstacles. Les garnitures se brûlent, et les métaux se détériorent dès qu'on atteint une température élevée. En fait, les machines à air successivement proposées disparaissent devant les machines à vapeur d'eau.

La deuxième partie de l'ouvrage est intitulée : *Description des machines à vapeur d'eau.*

L'auteur décrit les différentes formes de chaudières. Il combat l'adoption générale de la chaudière tubulaire : avantageuse dans certains cas, principalement lorsqu'on manque d'espace, elle entraîne de graves sujétions d'entretien, qu'il convient d'éviter lorsqu'il est possible d'employer des types plus simples.

La chaudière Field est présentée comme un progrès très-sérieux. Ajoutons qu'à notre connaissance, ce jugement favorable se trouve confirmé par des expériences qu'on fait depuis quelque temps aux ateliers du chemin de fer de l'Est.

Un paragraphe est consacré aux appareils de surchauffe de la vapeur. Pourvu qu'on ne dépasse pas la température de 220 à 240 degrés, les garnitures ne s'altèrent pas, il y a économie notable de combustible ; mais la vapeur surchauffée paraît constituer un gaz plus subtil que la vapeur saturée, les plus petites imperfections dans l'ajustage du piston donnent lieu à des pertes très-appréciables.

Les machines rotatives sont décrites succinctement. Ce type n'est pas entré dans la pratique; il conduit à des pertes de puissance bien supérieures à celles de la bielle et de la manivelle.

Les machines à balancier sont coûteuses d'installation, mais leur régularité de marche est parfaite, et elles conviennent au travail des grosses pompes.

Pour les grands ateliers de constructions fixes, l'auteur recommande les machines à grands cylindres et à rotation lente; pour les petits ateliers, pour les machines commandant des outils isolés, pour les organisations provisoires sur les chantiers, les machines légères à rotation rapide.

Les avantages et inconvénients respectifs des machines à cylindres horizontaux, verticaux, oscillants, conjugués, sont successivement énumérés.

Le chapitre suivant traite des machines de bateaux, pour navigation maritime et fluviale. Plusieurs communications récentes ont entretenu la Société de cette grande question; nous ne nous y arrêterons pas, et nous dirons seulement quelques mots du touage sur chaîne noyée.

Un service régulier de touage sur chaîne noyée existe sur la haute Seine, entre Paris et Montereau ; sur la basse Seine, entre Paris et Rouen; sur le canal Saint-Martin, à Paris; sur le bief de partage du canal de Bourgogne.

Au point de vue général du choix à faire entre les divers modes de traction sur les rivières et les canaux, l'auteur dit que la solution dépend de considérations commerciales et de l'état de chaque voie navigable.

Au bief de partage du canal de Bourgogne, le touage sur chaîne noyée est onéreux pour l'État.

Les chapitres suivants concernent la locomotive, d'abord la description générale des types.

Pour le service de grande vitesse, la Compagnie de Lyon commence à abandonner le type Crampton, pour y substituer une machine mixte à roues de 2 mètres.

On a longtemps redouté d'appliquer les machines à essieux accouplés à la traction des express, dont la vitesse normale est de 7,0 kilomètres à l'heure. Mais la situation n'est plus la même : les perfectionnements apportés à l'ajustage, la substitution de l'acier au fer ont presque fait disparaître les ruptures de bielles et les dangers qui en seraient la conséquence dans les trains rapides.

La machine Crampton continue à rendre de grands services, quand son adhérence est suffisante pour les charges que l'exploitation impose. La vitesse normale de 70 kilomètres est fréquemment dépassée dans les express. A ces vitesses considérables, cette machine conserve une grande stabilité.

L'auteur examine ensuite les machines à marchandises pour le service ordinaire, les machines-tender, les machines de gare, les machines pour terrassements.

Si les terrassements sont faits sur des voies définitives, on pourra employer des machines ordinaires; mais, sur des voies provisoires, il vaut mieux employer des machines spéciales dont le poids sur chaque essieu et la distance entre les essieux extrêmes doivent être réduits autant que possible.

Nous arrivons à l'étude des machines destinées aux rampes de grande inclinaison. Elles ont déjà été décrites dans le rapport de votre 21e section sur l'Exposition universelle de 1867, à la description des machines. L'ouvrage de M. Jacqmin joint des renseignements fort utiles sur le tracé et le profil des lignes desservies, sur l'organisation du service, sur les charges remorquées, etc.

Observons que le type de la machine à forte rampe du Nord vient d'être tout récemment appliqué à la traction du chemin de ceinture. La nouvelle locomotive pèse 47 tonnes, avec approvisionnements complets. C'est 4 tonnes de plus que ne pesait le type primitif : l'amélioration du métal des bandages, la solidité plus grande de la voie permettent maintenant de porter à 12 tonnes le poids reposant sur chaque essieu, dans les machines à petite vitesse.

L'auteur décrit les chemins à plans inclinés, et l'ancien chemin atmosphérique de Saint-Germain. Sur une rampe de 35 millim., abordable aux locomotives, il était rationnel de supprimer le système atmosphérique; mais, pour juger définitivement ce système, il faudrait l'appliquer sur une rampe complétement inabordable aux locomotives.

Quant à la conclusion générale sur la traction dans les fortes rampes, M. Jacqmin se prononce en principe pour l'emploi de deux machines ordinaires, au lieu d'une seule grosse machine de poids à peu près égal.

Motifs de cette importante conclusion :

Avec deux machines on n'a pas à redouter les conséquences des ruptures d'attelage, l'une étant placée en queue;

Les petites machines passent plus facilement dans les voies provisoires que la réparation du chemin rend souvent nécessaires;

L'entretien est plus facile, les accidents plus vite réparés;

Les mêmes machines peuvent être employées indifféremment sur un point quelconque du réseau.

Nous pensons que la montée des fortes rampes comporte souvent des machines

spéciales, grosses ou petites, mais portant leur eau et leur combustible. En effet, le poids mort représenté par deux tenders devient relativement très-considérable sur les rampes de grande inclinaison, et il importe de l'éviter.

Quant à la question du moteur double ou unique, nous croyons que la présence d'une machine en queue est une bonne garantie de sécurité. Mais cette marche n'est possible que sur une montée bien continue; s'il y a des contre-pentes, la conduite du train devient difficile et même dangereuse. Dans chaque cas, la solution dépendra donc de la voie.

Dans le chapitre suivant, l'auteur examine les principaux organes de la machine locomotive : chaudière, appareils alimentaires, cylindres et pistons, distribution de la vapeur, frein à vapeur, châssis, ressorts, essieux et roues.

La troisième partie de l'ouvrage comprend d'abord l'étude des métaux employés dans la construction des machines : fontes, fers, aciers, cuivres.

L'auteur recommande de rechercher avant tout la bonne qualité des matières. Le constructeur lui-même y est intéressé, puisque le prix de la main-d'œuvre et les frais sont les mêmes, quelle que soit la qualité des matériaux. Toutes les fois qu'on ne sera pas strictement limité par le poids, on ne devra pas craindre de donner un certain excès de force aux organes. L'ingénieur qui commande une machine fera bien de ne donner au constructeur que des prescriptions générales sans s'immiscer dans les détails de la fabrication. Dans la réception des pièces de fer et d'acier, on ne devra pas trop se fier à la cassure; il est indispensable de faire des épreuves à chaud et à froid.

L'auteur cite le classement des fers proposés par le Creuzot, et les essais que subissent ces fers de qualités diverses, les albums des grandes usines, qui présentent des fers aux sections de plus en plus variées.

Le chapitre suivant est consacré aux ateliers de construction et de réparation de locomotives.

Examinant rapidement les machines-outils, l'auteur donne quelques règles à suivre pour leur examen et leur appréciation.

Puis il passe à la surveillance des machines à vapeur, législation, appareils de sûreté.

L'État ne saurait abandonner d'une manière absolue la surveillance des machines à vapeur ; le régime créé par le décret de 1865 laisse la latitude convenable à l'industrie, tout en assurant la sécurité.

Les causes principales d'explosion sont examinées et discutées. L'auteur cite 31 exemples d'explosions, avec le résumé des circonstances qui les ont accompagnées.

La quatrième partie de l'ouvrage traite des consommations de machines, eaux et combustible.

M. Jacqmin donne les quantités d'eau consommées journellement dans les dépôts de chemin de fer, et l'espacement moyen des prises d'eau sur plusieurs lignes.

Les locomobiles et appareils mi-fixes sont maintenant d'un usage fréquent dans l'installation de ces prises d'eau.

Le chapitre des combustibles comprend le pouvoir calorifique des combustibles divers, les quantités d'air nécessaires à la combustion, les quantités d'eau vaporisée par les surfaces de chauffe, la consommation de houille rapportée au travail mécanique, les appareils fumivores.

Pour tirer un bon résultat d'un combustible donné, il est essentiel d'avoir un chauffeur habile. Quelquefois les propriétaires d'un charbonnage nouveau offrent des chauffeurs, et prennent à forfait la fourniture du charbon et la conduite du feu.

L'auteur fait l'éloge des agglomérés, dont la consommation se développe de plus en plus. Il cite des briquettes fabriquées en Angleterre pour les chemins de fer de l'Inde, et qui, dans le transport, ne subissent aucune détérioration.

La cinquième partie est intitulée : *Travail et dépense de la machine locomotive.* Elle comprend :

L'évaluation de la puissance des locomotives ;

Les relations entre le travail moteur et le travail résistant ;

Le mode de réglementation pratique de la charge des trains ;

La partie économique du service de la traction.

Nous recommandons au lecteur, au point de vue de la puissance des locomotives, certains rapprochements fort intéressants entre les formules théoriques et les chiffres de la pratique courante.

M. Jacqmin conseille d'avoir un excès de force disponible dans les machines locomotives.

Nous partageons entièrement cet avis : quand on veut serrer de trop près la force maxima d'une machine, on s'expose à des détresses fréquentes qui dérangent grandement le service et amènent des accidents.

En raison de l'aggravation des dépenses sur les lignes accidentées, l'auteur déclare qu'il serait juste d'assimiler toute ascension à un supplément de parcours horizontal, en maintenant l'uniformité de la taxe kilométrique.

La sixième partie de l'ouvrage comprend les locomobiles et l'emploi des machines dans les travaux publics.

Dans l'exécution des terrassements, M. Jacqmin conseille de faire la fouille et la charge à bras d'homme, plutôt qu'avec des machines. Il ne voit que deux cas où il soit nécessaire ou avantageux de recourir aux machines pour ces travaux : 1° le cas où les hommes font défaut ; comme à Suez ; 2° dans les carrières, c'est-à-dire lorsqu'il s'agit d'extraire une matière ayant de la valeur. Dans ce dernier cas, on peut donner à tout l'appareil un caractère de fixité et organiser de grands appareils à demeure.

Mais, pour le transport des terrassements, il y a généralement avantage à employer les locomotives.

L'application de la machine à vapeur a transformé complétement le dragage en lit de rivière. On voit aujourd'hui une seule drague, mue par une machine de 25 chevaux, enlever, dans sa journée, 1,200 mètres cubes de terre à 7 ou 8 mètres sous l'eau.

Les dragues à vapeur peuvent approfondir les rades sur une superficie de plusieurs hectares, ou raser des rochers formant écueil.

L'auteur cite quelques exemples, notamment les énormes terrassements exécutés pour remblayer les gares de Vaise et de Perrache, à Lyon, de 1852 à 1854. On alla chercher dans le lit de la Saône et du Rhône l'énorme volume de 2 millions de mètres cubes de sable.

Nous voyons ensuite les fondations à l'air comprimé, le percement du mont Cenis, l'épuisement des puits de mines.

Pour les épuisements peu profonds, l'auteur recommande les pompes rotatives. mues par la vapeur. Ces pompes sont simples, peu délicates et très-économiques d'installation.

Pour le battage des pieux, on emploiera avec avantage une sonnette à déclic mue par une locomobile. Une fois les pieux enfoncés, la même locomobile peut servir au montage des matériaux.

La machine à vapeur n'est pas seulement un auxiliaire et un outil dans l'exécution des travaux ; « elle est encore appelée, dit l'auteur, à remplir un rôle important « dans la conception même des travaux publics; elle devient un instrument perma- « nent et définitif. »

Exemples : les distributions d'eau, les installations mécaniques dans les ports, les opérations relatives à l'assainissement des villes, l'éclairage des phares, la ventilation des grands édifices.

L'auteur insiste spécialement sur la question de la distribution d'eau dans les villes. Il donne hautement la préférence à l'élévation de l'eau par les machines sur le système des dérivations.

Les dérivations exigent un capital considérable et immédiatement disponible, ce qui conduit à l'emprunt. Tout compte fait, presque toujours l'eau revient à beaucoup moins cher avec les machines. Les dérivations donnent souvent un débit insuffisant pendant l'été, juste au moment où l'on a le plus grand besoin d'eau. Et cette question de quantité, dans la pensée de M. Jacqmin, prime toutes les autres.

Dans l'ensemble du réseau des chemins français, il y a 63 dérivations sur un total de 822 prises d'eau, soit 7 p. cent seulement. La plus grande partie des villes sont entrées dans la même voie que les compagnies de chemins de fer.

La septième et dernière partie traite de la transmission des forces motrices.

Canalisations de vapeur, d'eau ou d'air comprimé; cables télodynamiques.

Exemple de l'emploi de l'air comprimé dans le petit chemin de fer pneumatique de Sydenham, près Londres. Ce chemin, long de 500 mètres, est placé à l'intérieur d'un tunnel en maçonnerie. Une voiture y circule : elle porte un écran en tôle bordé d'une garniture en étoffe, qui vient s'ajuster sur les parois du tunnel; la voiture constitue ainsi un véritable piston, et il suffit d'une faible compression de l'air, produite par un grand ventilateur, pour déterminer le mouvement de ce véhicule, qui porte des voyageurs. M. Jacqmin pense que, dans ce petit chemin de démonstration, se trouve le germe d'applications sérieuses.

Exemple des accumulations hydrauliques de M. Armstrong. Tandis que toutes les grandes villes de l'Angleterre possèdent ces appareils, on n'en peut citer en France qu'un petit nombre d'applications : les docks de Marseille; la gare du chemin de Lyon, à Paris-Bercy; les formes de radoub de l'arsenal de Lorient.

La transmission par l'eau ou l'air comprimés ne se fait pas sans une grande perte de force. Mais il faut souvent se résigner à subir cet inconvénient; quand il s'agit de donner le mouvement par intermittence à un grand nombre d'appareils disséminés sur une grande surface, l'emploi de moteurs multipliés pourrait conduire à des pertes de foce plus grandes encore.

Les câbles télodynamiques, inventés par M. Hirn, sont très-avantageux au point de vue de l'utilisation de la force motrice et de la facilité d'installation.

L'auteur cite plusieurs applications fort curieuses de ces câbles, et spécialement l'installation de Schaffhouse, pour utiliser la force hydraulique des chutes du Rhin.

Une turbine donne le mouvement à une poulie motrice, qui mène la transmission télodynamique établie d'une rive à l'autre. La force recueillie est transmise à angle droit, à l'aide de câbles, parallèlement au cours du fleuve et sur chacune de ses rives. Une série de piliers, plus ou moins espacés, constituent en quelque sorte des stations de distribution et de vente de la force motrice : de chacun d'eux partent des arbres de transmission par câbles, qui vont donner le mouvement à une série d'établissements.

M. Jacqmin pense que l'invention des câbles télodynamiques a fort avancé la solution d'un grave problème : la distribution de la force aux petites usines et à domicile. Nous observerons que la force motrice n'est pas la seule chose qui constitue un atelier. On connaît la tendance actuelle de l'industrie à se constituer en groupes puissants, et nous ne croyons pas que l'invention du moyen le plus parfait de détailler la force motrice suffise pour arrêter cette tendance, au moins d'une manière générale.

L'ouvrage considérable que nous venons de parcourir est d'une lecture facile et attrayante. Il n'a pas de planches, mais les descriptions sont très-claires, et peuvent être aisément comprises des personnes déjà familiarisées avec le langage de la mécanique. Il sera utilement consulté par les ingénieurs qui ont, soit à commander des machines à vapeur, soit à en diriger l'emploi.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. Dieudonné d'avoir bien voulu se charger de l'analyse de ce remarquable ouvrage et surtout de s'être acquitté de ce travail d'une manière aussi consciencieuse.

M. LOISEAU (Désiré) fait remarquer que cette communication n'était pas à l'ordre du jour, que des changements sont ainsi faits très-souvent, et que les membres, venus pour entendre parler sur un sujet annoncé, sont désagréablement surpris de ne pas le voir traiter et hésitent une autre fois à revenir.

M. LE PRÉSIDENT explique qu'il arrive souvent que les auteurs des communications manquent au dernier moment; qu'ensuite il est d'usage d'intercaler les analyses d'ouvrages sans les inscrire à l'ordre du jour, et la longueur de celle qu'on vient d'entendre est justifiée par l'importance de l'ouvrage.

M. LE PRÉSIDENT ajoute que, d'ailleurs, l'ordre du jour sera suivi, et il donne la parole à M. Paul Charpentier pour faire sa communication sur les *nouvelles méthodes d'analyse volumétrique du fer, des alcalis et acides minéraux.*

Les nouveaux modes de dosage volumétrique découverts par M. P. Charpentier, et sur lesquels il appelle l'attention des ingénieurs-chimistes de notre Société, reposent sur l'emploi des sulfocyanures alcalins, et sur la réaction bien connue qui se manifeste lorsqu'on les met en présence d'une dissolution renfermant un sel de sesquioxyde de fer.

Il se produit, dans ces circonstances, une coloration rouge-sang très-intense. Cette réaction décèle les moindres traces de fer. Des expériences, dont on trouvera le détail dans le Bulletin trimestriel, établissent que l'on peut arriver ainsi à révéler dans une liqueur la présence de $\frac{1}{3000000}$ de fer, et que le dosage de $\frac{1}{300000}$ est possible.

En supposant que l'on opère sur du sesquichlorure de fer, avec du sulfocyanure de potassium, la réaction se formulera ainsi :

$$3\,K\,C^2\,Az\,S^2 + Fe^2\,Cl^6 = Fe^2\,(C^2\,Az\,S^2)^6 + 3\,K\,Cl.$$

C'est le sesquisulfocyanure de fer $Fe^2 (C^2 Az S^2)^3$ qui colore la liqueur en rouge-sang.

Voyons comment on pourra utiliser cette réaction pour le dosage du fer.

Supposons que, dans la liqueur rouge précédente, nous versions un alcali caustique, potasse, soude ou ammoniaque, la couleur disparaîtra pour faire place à un précipité de sesquioxyde de fer :

$$Fe^2 (C^2 Az S^2)^3 + 3K O = Fe^2 O^3 + 3K C^2 Az S^2.$$

L'expérience prouve que le sulfocyanure de potassium se reforme intégralement.

On voit alors qu'il faudra, pour obtenir cet effet, verser d'autant plus d'alcali, toutes choses étant égales d'ailleurs, qu'il y aura plus de fer dans la liqueur primitive.

Pour titrer la liqueur alcaline que l'on emploiera dans l'essai, on dissoudra cinq décigrammes de fer pur, fil de clavecin ou fer déposé par la pile, dans de l'acide chlorhydrique très-dilué. Il est très-important que cette dissolution soit exempte d'acide libre, et que tout le fer y soit à l'état de sesquioxyde; on y arrive très-aisément en prenant les précautions que l'on trouvera décrites en détail dans la note publiée *in extenso*. La suroxydation s'opérera mieux avec le chlorate de potasse qu'avec l'acide azotique. Cette dissolution de sesquichlorure de fer neutre est alors étendue à un litre. Cent centimètres cubes de cette liqueur sont ensuite introduits dans une capsule de porcelaine blanche, on y ajoute quelques gouttes de sulfocyanure de potassium; la dissolution se colore fortement en rouge-sang. On y verse alors, au moyen d'une burette graduée, de la potasse caustique d'une force telle qu'il en faille environ une burette pour saturer le litre de sesquichlorure de fer.

La liqueur rouge se trouble peu à peu, puis vire tout à coup et devient incolore: c'est l'instant final qu'il faut saisir, en même temps le sesquioxyde de fer se dépose en flocons.

On opère alors avec la même potasse sur les 900 centimètres cubes de sesquichlorure restant, et on a un nombre de divisions versées que l'on augmente de son neuvième; le résultat N est le titre cherché.

Ceci posé, pour essayer une matière ferrugineuse quelconque, minerai, scorie, eau minérale, etc., on commence par l'obtenir en dissolution neutre, dans l'eau ou l'acide chlorhydrique, en suivant les précautions relatées plus haut. On l'étend à un litre et, après avoir ajouté le sulfocyanure de potassium, on fait l'essai comme précédemment. On obtient un nombre N' de divisions versées.

Le rapport $\frac{N'}{N}$ exprime la teneur en fer du corps essayé.

S'il s'agit d'un mélange de protoxyde et de sesquioxyde de fer, on commence par doser le sesquioxyde comme nous venons de le dire, en évitant le contact de l'air et ajoutant du chlorhydrate d'ammoniaque pour empêcher la précipitation du protoxyde de fer. Puis on suroxyde complétement un second échantillon et on dose le fer total. Une différence donne le protoxyde. Il sera bon, dans ce cas, de remplacer la potasse par l'ammoniaque.

Cette méthode peut s'employer d'une autre façon, en versant le sesquichlorure de fer dans une quantité donnée et toujours la même d'alcali, additionné de sulfocyanure de potassium. On aura à juger ici de l'apparition et non de la disparition de la teinte rouge-sang. Un calcul semblable au précédent donnera la teneur en fer.

On voit tout de suite qu'après l'application de cette méthode sur un échantillon donné, on peut continuer l'analyse par la voie ordinaire sans aucune difficulté. Ce

sera, si l'on veut, une confirmation; on recueillera le sesquioxyde précipité, on le lavera, séchera, calcinera, pèsera; ce sont toutes nos opérations, longues et souvent entachées d'erreur, que supprime ma méthode.

Ses avantages, d'ailleurs, sont faciles à établir; elle est aussi exacte et plus rapide que les méthodes jusqu'ici employées. Elle est surtout plus commode dans l'emploi. La liqueur titrée ne s'altère pas; on n'a pas à craindre, comme avec l'hypermanganate de potasse, le dégagement de chlore et la présence des matières organiques. Le titre de ce dernier sel a souvent besoin d'être vérifié, et pour cela on est assujetti à une opération longue et délicate.

De plus, les lectures avec l'emploi des sulfocyanures sont plus faciles et la durée de l'essai est moins longue.

Si l'on opère sur des corps contenant de petites quantités de fer, il faudra employer une solution alcaline relativement faible pour avoir des erreurs relatives moindres.

Si le corps essayé contient des matières précipitables par l'ammoniaque et que l'on opère avec cet alcali, on empêchera leur précipitation au moyen du chlorhydrate d'ammoniaque. Ce sera ainsi pour : la lithine, la baryte, la strontiane, la chaux, la magnésie, les protoxydes de manganèse, de fer, de zinc, de cobalt, les oxydes de cadmium, d'argent, de platine, de rhodium, d'osmium, de ruthenium.

D'autre part, en présence d'un excès de potasse, les acides suivants ne sont pas précipités; ce sont :

La lithine, la baryte, la strontiane, l'alumine, la glucine, les oxydes de zinc, de chrôme, de plomb, de platine, d'étain, de palladium, de rhodium, d'osmium et d'or. Dans ce cas, on emploiera la potasse comme liqueur titrée.

Mais, dans la plupart des cas, les corps étrangers ne nuiront en rien à la méthode. Il en sera surtout ainsi pour : la silice, les métaux alcalins, l'alumine, la chaux, la magnésie, la baryte, la strontiane, le manganèse, le zinc, le cobalt, le nickel, le cadmium, le chrôme, le plomb, le bismuth, l'argent, et en général pour tous les métaux précipitant en blanc par les sulfocyanures alcalins. Le cuivre devra être séparé.

Essais alcalimétriques.

Si, dans une liqueur, nous mettons à la fois en présence un excès d'alcali caustique, potasse, soude ou ammoniaque, un peu de sesquioxyde de fer récemment précipité, et du sulfocyanure de potassium, que nous ajoutions peu à peu de l'acide chlorhydrique, cet acide commencera par saturer intégralement l'alcali, puis attaquant l'oxyde de fer, formera du sesquichlorure qui, en présence du sulfocyanure de potassium, donnera naissance au sesquisulfocyanure de fer rouge-sang. La réaction sera la suivante :

$$K\,O + Fe^2O^3 + 3K\,C^2\,Az\,S^2 + 4H\,Cl = 4K\,Cl + 4H\,O + Fe^2\,(C^2\,Az\,S^2)^3.$$

De là une méthode alcalimétrique très-sensible, très-exacte et très-rapide.

On voit comment on procédera. Sachant qu'un poids donné de potasse pure sera saturé par un volume connu d'acide chlorhydrique, on fera une prise d'essai de la potasse du commerce à essayer, et si l'on doit verser moitié moins d'acide pour obtenir la teinte rouge-sang, cette potasse aura une teneur en alcali de 50 0/0.

Le détail des opérations se trouvera dans la note *in-extenso*.

On pourra, comme pour le dosage du fer, procéder d'une façon inverse, c'est-à-dire verser l'alcali dans l'acide. La réaction sera la suivante :

$$H\,Cl + Fe^2\,(C^2\,Az\,S^2)^3 + 4K\,O = K\,Cl + H\,O + Fe^2\,O^3 + 3K\,C^2\,Az\,S^2.$$

On voit de suite que cette méthode est aussi bien acidimétrique qu'alcalimétrique.

Pour cela, on ajoutera à un poids donné de potasse pure du sulfocyanure de potassium, et du sesquioxyde de fer en très-petite quantité ; puis l'on versera l'acide pur jusqu'à apparition de la teinte rouge. On aura un nombre N. On fera sur la même quantité de potasse le même essai avec l'acide du commerce à examiner, et l'on trouvera un nombre $\frac{N}{N'}$.

Le rapport N sera le titre de l'acide.

S'il s'agit d'acides azotique, chlorhydrique, bromhydrique, etc., on pourra verser l'alcali dans l'acide et éviter ainsi un calcul ; mais, pour l'acide sulfurique, il faudra opérer comme je viens de l'indiquer.

Cette réaction si nette, si sensible et si caractéristique des sulfocyanures alcalins, fournira d'autres méthodes d'analyse volumétrique.

M. Charpentier dit qu'il a presque terminé toutes les expériences relatives au dosage de l'argent par ce procédé, et il espère bientôt arriver à l'appliquer aux essais chlorométriques et au dosage de la chaux.

Il se propose d'en faire le sujet d'une note spéciale.

M. le Président remercie M. Charpentier de son intéressante communication.

MM. Cranney, Joannis, Lecouteux, Mulot, Rebière et de Turckheim ont été reçus membres sociétaires.

LE POIDS MORT

DANS LES TRANSPORTS SUR CHEMINS DE FER

ET SON INFLUENCE

SUR LE PRIX DE REVIENT DES TRANSPORTS

PAR M. ERNEST MARCHÉ.

DÉTAILS STATISTIQUES

SUR L'EXPLOITATION DES CHEMINS FRANÇAIS, EN 1868

PREMIÈRE PARTIE.

Évaluation du poids de chaque espèce d'unité. Poids utile et poids mort.

---

§ I. — GÉNÉRALITÉS.

Le but de cette étude est l'évaluation du *poids mort* qu'exige, sur les chemins de fer, le transport d'une unité kilométrique, voyageur ou tonne de marchandises, et la recherche de son influence sur le prix de revient — les éléments de cette détermination étant puisés dans les résultats de l'exploitation de nos six grandes lignes françaises, en 1868.

Tout le monde connaît et déplore l'importance de ce *poids mort*, l'un des principaux obstacles aux abaissements de tarifs que souhaitent et réclament les intérêts généraux ; mais nous ne sachons pas qu'on en ait fait jusqu'ici des évaluations exactes et complètes, ni qu'on l'ait analysé en recherchant la part de chacune des circonstances nombreuses auxquelles il est dû.

La plus grande vitesse et le transport par masses nécessitent, pour les véhicules consacrés au transport sur rails, une plus grande solidité entraînant un plus grand poids que pour ceux des transports sur routes; mais l'augmentation de *poids mort* facile d'ailleurs à évaluer, due à cette cause, n'a pas à beaucoup près une aussi grande importance que la faible utilisation du matériel, résultant des circonstances multiples au milieu desquelles se développe le mouvement.

Autrement dit, deux ordres de causes sont à considérer dans l'évaluation du *poids mort* : d'une part, le poids des véhicules et des machines employés, comparé au poids utile au transport duquel ils sont destinés, c'est-à-dire à celui qu'ils sont *capables* de transporter, poids qui peut être fixé *a priori* et qui ne variera d'une ligne à une autre que dans des limites très-rapprochées, en raison seulement des légères différences résultant du système de construction ; d'autre part, la manière dont véhicules et machines sont pratiquement employés, la mesure dans laquelle tout ou partie de leur *capacité* ou de leur *puissance* est utilisée... Pour cette seconde cause d'augmentation de poids mort, aucune donnée n'existait à l'origine des chemins de fer, et c'est uniquement dans les renseignements fournis par les compte rendus des compagnies sur l'utilisation pratique du matériel et la statistique du mouvement des unités transportées qu'on en peut rechercher les données.

Un exemple, emprunté aux nombreux résultats exposés plus loin, permettra de mieux faire comprendre ce que nous venons de dire :

Une voiture de 3e classe du chemin de fer du Nord pèse moyennement 6009 k. et renferme 48 places, de sorte que le poids mort-véhicule est par voyageur de $\frac{6009}{48} = 125$ k.

Mais la statistique montre qu'en raison des parcours à vide ou à charge incomplète, cette voiture ne renferme moyennement que 12,49 voyageurs; le poids mort est donc de $\frac{6000}{12,49} = 481$ k., soit quatre fois le chiffre précédent, valeur du poids mort fixé *a priori*.

Autre exemple : un wagon à marchandise, d'une contenance de dix tonnes, pèse 5100 k., le poids mort est donc de 510 k. par tonne utile : mais, toujours d'après les statistiques, le chargement moyen n'est que de 4175 k., d'où un poids mort réel de $\frac{5100}{4175} = 1221$ k., soit 2,4 fois le chiffre ci-dessus.

D'après Proud'hon, *Des réformes à apporter dans l'exploitation des chemins de fer*, on trouverait pour le roulage accéléré un rapport de 1 à 3 entre le poids mort et le poids utile et pour la diligence un rapport de 3 à 4 ou 4 à 5, c'est-à-dire un poids mort n'atteignant pas la valeur du poids utile dans les transports sur routes et par chevaux.

Il en est tout autrement sur les chemins de fer.

Dans sa *Lettre au Ministre*, M. Vidard a donné une évaluation d'ensemble de l'importance des poids morts pour tout le réseau français ; il indique un poids total du matériel : machines, voitures et wagons, égal à 760,300 tonnes représentant, en tenant compte de 20 à 28 p. 100 de matériel en réparations et en réserve, 570,000 tonnes de poids mort en mouvement pour 132,500 tonnes de poids utile journellement transporté, soit un transport de 4 de poids mort pour 1 de poids utile.

D'après une notice de M. Haughton sur l'ensemble du réseau exploité en Angleterre en 1867, le poids mort transporté, machines et véhicules, aurait été de 19 pour 1 de poids utile pour les voyageurs, de 2,3 pour 1, pour les marchandises et en moyenne de 5 pour 1.

Ces quelques indications nous paraissent suffisantes pour justifier l'opportunité d'une recherche exacte du rapport du poids mort au poids utile, et surtout de l'influence exercée sur ce rapport par la vitesse, par la fréquence et la régularité, par les systèmes d'exploitation adoptés par les Compagnies et par les exigences ou les besoins du public.

Nous formulons ainsi, d'ailleurs, le but de cette recherche :

« Déterminer, pour chaque espèce d'unité, voyageur, marchandises à « grande et à petite vitesse, le poids total de l'unité, poids utile, véhi- « cules et machine, sur l'ensemble et sur chacune des six grandes lignes « françaises, en 1868. »

C'est, avons-nous dit, dans les *détails statistiques* fournis par les Compagnies, à la suite de leurs comptes rendus annuels aux actionnaires, que nous avons à recueillir les principales données de notre recherche.

Nous devons exprimer à cet égard le regret d'avoir rencontré de grandes difficultés à la réunion de chiffres comparatifs, les comptes rendus ne présentant pas leurs résultats statistiques sous la même forme, ni avec les mêmes détails.

Nous sommes étonnés, d'ailleurs, de ce que, depuis une dizaine d'années, aucune Compagnie n'a modifié le cadre, la nature ou l'étendue de ses renseignements, comme on aurait pu l'espérer : le compte rendu le plus clair et le plus complet servant de type aux autres. Nous pensons que bien des ingénieurs, désireux de faire des comparaisons analogues à celles que nous abordons, ont été rebutés par les lacunes et les confusions qu'ils ont rencontrées.

Nous avons tenu à ne pas nous arrêter devant ces difficultés; mais nous avons dû suppléer à bien des indications par des hypothèses ou des résultats indirects qui ont pu quelquefois altérer la stricte exactitude des chiffres obtenus, mais cependant, nous l'espérons, dans des limites assez étroites pour que nos conclusions n'en soient pas moins laborieuses.

Quelques mots sur chacun des comptes rendus ne seront pas inutiles.

Ceux des Compagnies de l'*Est* et du *Midi* sont les plus complets et donnent sur le travail des véhicules d'excellents détails. Il est seulement à regretter, pour le *Midi*, une certaine confusion dans les chiffres relatifs aux deux réseaux, tantôt séparés et tantôt réunis; et pour l'*Est*, l'absence de renseignements sur les parcours détaillés de chaque espèce de voitures et de wagons.

Le chemin de *Lyon* sépare très-nettement les deux réseaux, mais il ne fournit pas l'effectif du matériel ni le parcours de chaque catégorie de véhicules.

Celui d'*Orléans* sépare bien les deux réseaux; il donne les parcours des véhicules, mais l'effectif manque.

L'*Ouest* ne fournit pas l'effectif détaillé ni le parcours des véhicules; les résultats de la grande et de la petite vitesse y sont regrettablement confondus.

Enfin la Compagnie du *Nord* se borne à des chiffres généraux, et laisse à faire tous les calculs relatifs à la composition des trains, au travail du matériel, etc., sans fournir même, il faut le dire, toutes les données nécessaires.

D'autres remarques plus spéciales seront présentées dans le courant de cette étude.

On comprend, en tout cas, que nous avons dû d'abord refaire un groupement des données de chaque compte rendu, afin de permettre les comparaisons et les totalisations. Nous allons d'abord présenter ce nouveau groupement dans lequel nous nous sommes attaché à séparer le plus complétement possible les résultats de l'ancien et du nouveau réseau sur chaque ligne; car si ces deux réseaux diffèrent par leur constitution et leurs résultats financiers, on verra qu'ils ne diffèrent pas moins dans toutes les données d'exploitation.

§ II. — IMPORTANCE ET NATURE DU TRAFIC.

Nous allons d'abord rapprocher et grouper celles des données des comptes rendus qui permettent de se rendre compte, sur chaque ligne, de l'importance du trafic en voyageurs et en marchandises.

Les longueurs exploitées moyennement, en 1868, séparées en ancien et nouveau réseau, ont été les suivantes :

1868.	ANCIEN Réseau.	NOUVEAU Réseau.	Réseaux RÉUNIS.	OBSERVATIONS.
	kil.	kil.	kil.	
Nord.....	1066	406[1]	1472	1. Y compris toute la ligne d'Amiens à Rouen, exploitée par le *Nord* pour le compte de l'*Ouest* pour les 2/3 (44 kil.).
Est.....	977[2]	1771[3]	2748	2. Y compris 17 kil. de la ligne de Vincennes.
Lyon.....	2070	1748	3818	3. Y compris 237 kil. des lignes du Guillaume-Luxembourg.
Ouest.....	900[4]	1223[5]	2123	4. Y compris 69 kil. de lignes de banlieue, dont 25 sont communs aux deux services.
Orléans...	2020	1342	3362	5. Y compris 11 kil. de ligne de banlieue.
Midi.....	798	932	1730	
Total...	7831	7422[6]	15233	6. Les longueurs du nouveau réseau ne comprennent pas toutes les lignes exploitées au compte de premier établissement.

Le nouveau réseau forme donc 48 p. 100 du réseau entier. La Compagnie la plus favorisée est celle du *Nord*, dont le nouveau réseau ne forme que 25 p. 100 de sa ligne entière, et la Compagnie de l'*Est* est, au contraire, la plus surchargée (63 p. 100).

Le trafic comprend les voyageurs, les accessoires de la grande vitesse et les marchandises à petite vitesse.

a) *Voyageurs.*

Le mouvement total en voyageurs est représenté par le nombre de voyageurs transportés à un kilomètre, produit du nombre total de voyageurs reçus par le *parcours moyen* d'un voyageur.

Ce chiffre, divisé par la longueur exploitée, fournit le nombre de voyageurs-kilométriques, par kilomètre, ou le nombre de *voyageurs à la distance entière*, mesure de l'importance du trafic en voyageurs de chaque ligne.

Dans le tableau ci-contre, on a fait ressortir cette quantité pour l'année et par jour. On y a séparé les résultats relatifs aux lignes de banlieue (ancien réseau) de l'Ouest et du chemin de Paris à Vincennes et la Varenne-Saint-Maur (Est).

Voyageurs.

DÉSIGNATION DES LIGNES.		NOMBRE DE VOYAGEURS à un kilomètre.	LONGUEUR MOYENNE exploitée.	NOMBRE DE VOYAGEURS à la distance entière.	
				Dans l'année.	Par jour.
		v. kil.	kil.	v.	v.
ANCIEN RÉSEAU.	Nord	443.195.362	1.066	415.755	1.135
	Est	356.996.113	960	371.871	1.019
	Lyon	801.076.458	2.070	386.993	1.057
	Ouest	362.961.776	856	424.021	1.162
	Orléans	467.924.900	2.020	231.645	634
	Midi	188.851.900	798	236.657	648
Total. Ancien réseau		2.621.006.509	7.770	337.324	924
NOUVEAU RÉSEAU.	Nord	65.418.797	496	160.422	441
	Est[2]	251.519.184	1.685	149.270	409
	Lyon	253.034.093	1.748	144.756	396
	Ouest	189.047.002	1.223	154.576	423
	Orléans	132.219.188	1.342	98.524	270
	Midi	100.898.507	932	108.260	296
Total. Nouveau réseau.		992.131.771	7.336	135.241	370
Ligne de Vincennes		42.786.127	17	2.516.831	6.895
Banlieue de l'Ouest		160.169.304	69	2.321.294	6.360
Total. Banlieue		202.955.431	86	2.359.946	6.465
Total général		3.816.093.711	15.107[1]	251.605	689

1. En tenant compte des 25 kilomètres communs au service des grandes lignes et à celui de la banlieue sur l'Ouest, ancien réseau.
2. Non compris les résultats du réseau luxembourgeois.

Le mouvement des voyageurs est loin, on le voit, d'être, même en moyenne, égal sur toutes les lignes, et on peut à ce point de vue établir la classification suivante :

1° Lignes de *banlieues*, à peu près exclusivement affectées au service des voyageurs, et sur lesquelles le trafic atteint son maximum d'intensité.

Mouvement moyen, par jour : 6000 voyageurs à la distance entière.

2° Lignes *principales*, ancien réseau du Nord, de l'Est, de Lyon et de l'Ouest.

Mouvement moyen, par jour : 1000 à 1160 voyageurs à la distance entière.

3° Lignes d'*ancien réseau de second ordre :* Orléans et Midi.

Mouvement moyen, par jour : 630 à 650 voyageurs.

4° Lignes des nouveaux réseaux du Nord, de l'Est, de Lyon et de l'Ouest.

Mouvement moyen, par jour : 400 à 440 voyageurs.

5° Enfin, lignes de *trafic minimum* en voyageurs, nouveaux réseaux d'Orléans et du Midi.

Mouvement moyen, par jour : 270 à 300 voyageurs.

Le mouvement moyen sur l'ensemble des anciens réseaux est presque le triple de celui du nouveau réseau.

b) *Accessoires de la grande vitesse.*

Les comptes rendus ne fournissent pas le tonnage kilométrique des accessoires de la grande vitesse : bagages, messageries, voitures et chevaux.

Pour avoir une valeur approximative de ce tonnage, nous avons admis que le prix moyen payé par tonne-kilomètre pour cette espèce de transport était, impôt compris, de 0f.40, et nous avons déduit ce tonnage du chiffre indiqué pour la recette des accessoires de la grande vitesse, en le divisant par 0f.40.

D'un autre côté, au point de vue de la recette, on peut assimiler la tonne de marchandises à grande vitesse à 7 voyageurs. (Le tarif moyen par voyageur étant de 5c.42, on a $\frac{40^c}{5^c.42} = 7.3...$)

On a alors les données suivantes pour cette espèce de transports :

Accessoires de la grande vitesse.

DÉSIGNATION DES LIGNES.		NOMBRE DE TONNES à un kilomètre.	NOMBRE DE TONNES à la distance entière. Dans l'année.	Par jour.	NOMBRE D'UNITÉS-Voyageur par jour correspondant
		t. k.	t.	t.	v.
ANCIEN RÉSEAU.	Nord	19.560.780	18.350	50	352
	Est	9.874.500	10.286	28	197
	Lyon	38.444.708	18.572	51	351
	Ouest	11.412.737	13.332	37	256
	Orléans	20.494.490	10.145	28	194
	Midi	5.534.252	6.935	19	133
Total. Ancien réseau		105.321.467	13.555	37	260
NOUVEAU RÉSEAU.	Nord	1.551.782	3.822	10.5	73
	Est	7.286.500	4.324	11.8	83
	Lyon	7.769.555	4.445	12	85
	Ouest	4.552.284	4.061	11.1	78
	Orléans	3.090.898	2.303	6.3	44
	Midi	1.609.193	1.727	4.7	33
Total. Nouveau réseau		25.860.212	3.525	9.6	67
Ligne de Vincennes		194.047	11.415	31	219
Banlieue de l'Ouest		444.415	6.441	17.6	123
Total. Banlieues		638.462	7.424	20.3	142
Total général		131.820.141	8.691	23.8	177

c) *Marchandises à petite vitesse.*

Le tonnage kilométrique des marchandises à petite vitesse est indiqué dans les comptes rendus. Nous avons à y joindre celui des accessoires de la petite vitesse, les bestiaux, que nous évaluons en divisant la recette afférente à ce transport par le tarif moyen d'une tonne à un kilomètre. Nous obtenons ainsi un chiffre supérieur au poids réel, la tonne de bestiaux pouvant être assimilée, quant à la recette, à 1 1/2 tonne de marchandises.

On peut voir, dans le tableau suivant, que l'écart d'une ligne à l'autre est plus considérable pour le mouvement des marchandises que pour celui des voyageurs.

Le maximum atteint, sur le Lyon, 2562 tonnes à la distance entière, par jour moyen, et le minimum (nouveau réseau du Midi) n'est que de 190 tonnes, le treizième.

La moyenne de l'ancien réseau est le triple de celle du nouveau réseau.

On peut faire la classification suivante :

1° Mouvement de 2000 à 2500 tonnes par jour : Ancien réseau, Lyon, Nord et Est.

2° Mouvement de 1000 à 1400 tonnes par jour : Ancien réseau, Ouest, Orléans et Midi.

3° Mouvement de 400 à 800 tonnes par jour : Nouveaux réseaux, le Midi excepté.

4° Mouvement de moins de 200 tonnes par jour : Nouveau réseau du Midi, et lignes de banlieues.

Marchandises à petite vitesse et accessoires.

DÉSIGNATION DES LIGNES.		NOMBRE DE TONNES de marchandises, à un kilomètre. Accessoires non compris	NOMBRE DE TONNES à un kilomètre. Accessoires compris.	NOMBRE DE TONNES à la distance entière. Dans l'année.	Par jour.
		t. k.	t. k.	t.	t.
ANCIEN RÉSEAU.	Nord	827.284.019	849.672.519	797.066	2.183
	Est	656.146.310	690.228.710	718.988	1.970
	Lyon	1.912.066.495	1.936.364.495	935.442	2.562
	Ouest	376.721.908	425.792.083	497.421	1.363
	Orléans	707.132.424	774.147.424	383.241	1.050
	Midi	344.645.775	359.403.275	450.380	1.234
Total. Ancien réseau...		4.923.996.931	5.035.608.506	648.083	1.775
NOUVEAU RÉSEAU.	Nord	66.350.365	68.798.153	169.454	464
	Est	456.532.032	468.817.572	278.230	762
	Lyon	479.740.367	492.543.367	281.775	772
	Ouest	155.408.685	179.811.564	147.025	403
	Orléans	274.752.056	285.336.356	212.620	583
	Midi	61.968.878	64.539.818	69.249	190
Total. Nouveau réseau..		1.494.752.383	1.559.846.830	212.630	576
Ligne de Vincennes....		232.521	232.521	13.678	37
Banlieue de l'Ouest....		2.843.717	3.204.683	46.444	127
Total. Lignes de banlieue.		3.076.238	3.437.204	37.642	103
Total général.....		6.421.825.552	6.598.892.540	435.082	1.192

On sait qu'au point de vue de la recette, on peut assimiler le voyageur et la tonne de marchandises. (Produit moyen : voyageur, 5°.42, marchandises, 6°.11.) Nous démontrerons plus loin que la même assimilation peut être faite, quant à la dépense, au moins approximativement. — On pourra donc représenter l'ensemble du trafic comparatif par le nombre total d'*unités* à la distance entière, par jour, ce nombre étant la somme du nombre de voyageurs, de celui des tonnes de marchandises à petite vitesse et de sept fois celui des tonnes de marchandises à grande vitesse.

Le tableau ci-contre résume ces calculs. Nous y avons fait figurer le rapport de la grande vitesse et celui de la petite vitesse à l'ensemble.

Ce rapport caractérise la nature du trafic effectué, comme les nombres d'unités en caractérisent l'intensité.

Sur l'ensemble de l'ancien réseau, le nombre d'unités transportées à petite vitesse forme 60 °/₀ de l'ensemble : une seule ligne, celle de l'*Ouest* — sa banlieue non comprise pourtant — présente une proportion d'unités à grande vitesse supérieure à 50 °/₀.

La ligne de *Lyon* fournit la plus grande proportion de marchandises : 65 °/₀. L'*Ouest* et le *Lyon* sont donc les deux termes extrêmes.

Sur l'ensemble des nouveaux réseaux la proportion des marchandises est moindre que pour les anciens : 57 °/₀. C'est le Midi qui présente la plus forte proportion d'unités à grande vitesse (63 °/₀), et l'Orléans la moindre (35 °/₀ — c'est celle du Lyon, ancien réseau).

Ces remarques sont importantes. Nous verrons plus loin l'influence de cette proportion sur l'organisation et le coût de l'exploitation.

Nombre d'unités à la distance entière, par jour.

DÉSIGNATION DES LIGNES.		GRANDE VITESSE. Voyageurs.	GRANDE VITESSE. Accessoires.	PETITE VITESSE. t.	TOTAL. u_t	PROPORTION p. 100. De la grande vitesse. pour 100.	PROPORTION p. 100. De la petite vitesse. pour 100.
Ancien réseau.	Nord	1185	352	2183	3670	41	59
	Est	1019	197	1970	3186	38	62
	Lyon	1057	351	2562	3970	35	65
	Ouest	1162	256	1363	2781	51	49
	Orléans	634	194	1050	1878	44	56
	Midi	648	138	1234	2015	39	61
	Total	924	260	1775	2959	40	60
Nouveau réseau	Nord	441	73	464	978	53	47
	Est	409	83	762	1254	39	61
	Lyon	396	85	772	1253	38	62
	Ouest	423	78	403	904	55	45
	Orléans	270	44	583	897	35	65
	Midi	296	33	190	519	63	37
	Total	370	67	583	1020	43	57
Lignes de banlieue.		6465	142	103	6710	98.5	1.5
Ensemble		689	177	1192	2058	42	58

§ III. — MOUVEMENT DES TRAINS.

Étant connu le trafic auquel chaque ligne a dû satisfaire, il faut lui comparer le mouvement des trains qui lui est consacré.

Nous connaissons par les comptes rendus le parcours kilométrique total des trains de toutes sortes; en divisant ce parcours par la longueur exploitée, on a le nombre moyen de trains circulant annuellement à la distance entière. Il convient de faire également ressortir la fréquentation moyenne diurne; cette fréquentation, rapprochée du nombre moyen d'unités transportées journellement à la distance entière, fournit le nombre moyen d'unités transportées par kilomètre de train.

Le chiffre de la fréquentation diurne a un grand intérêt : théoriquement, c'est-à-dire en supposant que chaque train est utilisé complétement, le nombre de ces trains devrait être proportionnel à l'importance

du trafic; il n'en est pas ainsi pratiquement, et la fréquentation est proportionnellement plus grande sur les lignes de plus faible trafic. Ainsi l'ensemble des nouveaux réseaux, pour satisfaire à un mouvement qui n'est que le *tiers* de celui des anciens réseaux, est desservi par un nombre de trains, qui est *moitié*. Il en résulte que le chargement moyen en unités est beaucoup plus faible $\left(\frac{79}{440} = 70\ \%\right)$, d'où évidemment un notable excédant de dépenses.

Sur les lignes de l'ancien réseau, deux lignes présentent une fréquentation relativement réduite et un chargement moyen supérieur à la moyenne : le Lyon et le Midi, d'où une meilleure utilisation des trains.

Nous avons d'ailleurs séparé les résultats relatifs au service des voyageurs (trains des voyageurs et trains mixtes), et au service des marchandises à petite vitesse.

Parcours des trains de toutes sortes.

DÉSIGNATION DES LIGNES.		PARCOURS kilométrique annuel des trains.	TRAINS à la distance entière. Dans l'année.	TRAINS à la distance entière. Par jour.	NOMBRE d'unités à la distance entière par jour.	NOMBRE d'unités par kilomètre de train.
		k.	t.	t.	u.	u.
Ancien réseau.	Nord	14.827.403	13.909	38.11	3670	96.30
	Est	11.439.084	11.916	32.63	3186	97.64
	Lyon	22.317.819	10.782	29.53	3970	134.44
	Ouest	9.098.439	10.629	29.12	2781	95.50
	Orléans	13.863.107	6.863	18.80	1678	99.36
	Midi	4.973.013	6.119	16.76	2015	114.26
	Total	76.518.865	9.848	26.98	2959	110.00
Nouveau réseau	Nord	2.620.726	6.455	17.68	978	55.32
	Est	10.083.006	5.990	16.41	1254	76.42
	Lyon	8.143.453	4.659	12.76	1253	99.77
	Ouest	5.573.414	4.557	12.48	904	72.44
	Orléans	5.717.837	4.261	11.67	897	76.86
	Midi	2.813.970	3.019	8.27	519	62.75
	Total	34.952.406	4.765	13.05	1020	78.16
Ligne de Vincennes.		320.511	18.853	51.7	7151	138.45
Ouest, banlieue		1.275.890	18.491	50.7	6610	130.35
	Total	1.596.401	18.562	50.9	6710	131.95
	Ensemble	113.067.672	7.455	20.4	2058	100.78

Trains de voyageurs[1].

DÉSIGNATION DES LIGNES.		PARCOURS ANNUEL des trains de voyageurs.	TRAINS à la distance entière. Dans l'année.	TRAINS à la distance entière. Par jour.	NOMBRE D'UNITÉS TRANSPORTÉES par kilomètre de train. Voyageurs.	Accessoires. Grande vitesse.	Marchandises en trains mixtes[1].	TOTAL.
		k.	t.	t.	u.	u.	u.	u.
Ancien réseau.	Nord	6.500.000[2]	6098	16.71	67.9	21.1	»	89
	Est	5.533.648	5764	15.79	64.5	12.4	0.9	77.8
	Lyon	11.615.837	5604	15.35	68.9	23.2	7.4	99.5
	Ouest	5.306.740	6199	16.98	68.4	15.1	4.8	86.8
	Orléans	8.986.448	4449	12.19	52.0	16.1	8.3	76.4
	Midi	2.613.365	3275	8.97	72.2	14.8	9.0	96.0
	Total	40.556.038	5225	14.31	64.6	18.2	5.3	88.1
Nouveau réseau	Nord	1.650.000[2]	4039	11.07	39.8	6.6	»	46.4
	Est	5.869.509	3483	9.54	42.9	7.6	3.3	53.8
	Lyon	5.061.626	2895	7.93	50.0	10.5	11.2	71.7
	Ouest	3.997.381	3268	8.95	47.2	8.7	7.4	63.3
	Orléans	3.906.435	2911	7.98	33.8	5.5	19.4	58.7
	Midi	2.074.087	2225	6.10	48.5	5.4	9.5	63.4
	Total	22.559.038	3089	8.46	43.7	8.1	9.4	60.8
Ligne de Vincennes		317.180	18.658	51.0	135.2	4.3	»	139.5
Banlieue Ouest		1.275.890	18.491	50.7	125.4	2.4	2.5	130.3
	Total	1.593.070	»	»	»	»	»	»
	Ensemble	64.708.146	4266	11.69	59.0	14.5	6.6	80.1

1. Nous comprenons dans la désignation de trains de voyageurs : les trains *mixtes*.
2. Les chiffres du Nord ne sont qu'approximatifs, le compte rendu n'indiquant que le parcours kilométrique total des trains de toute sorte.

Trains de marchandises.

	DÉSIGNATION DES LIGNES.	PARCOURS annuel des trains de petite vitesse.	TRAINS à la distance entière. Dans l'année.	TRAINS à la distance entière. Par jour.	NOMBRE d'unités petite vitesse à la distance entière[1].	NOMBRE d'unités transportées par kilomètre de train de petite vitesse.
		k.	tr.	tr.	t.	k
Ancien réseau.	Nord.	8.327.403	7812	21.40	2183	102.01
	Est.	5.905.436	6152	16.85	1956	116.06
	Lyon.	10.701.982	5170	14.16	2449	172.91
	Ouest.	8.701.699	4480	12.14	1302	107.25
	Orléans.	4.876.659	2810	7.68	965	142.54
	Midi.	2.359.648	2958	8.10	1152	142.22
	Total.	35.962.827	4623	12.67	1717	134.1
Nouveau réseau	Nord.	970.726	2416	6.62	464	70.09
	Est.	4.218.497	2501	6.8	725	106.62
	Lyon.	3.081.827	1763	4.8	683	141.38
	Ouest.	1.576.033	1289	3.5	337	96.00
	Orléans.	1.811.402	1350	3.7	449	115.7
	Midi.	739.883	794	2.2	132	60.68
	Total.	12.398.368	1689	4.6	500	108.8
	Banlieue.	3.331	»	»	37	69.8
	Total.	48.359.526	3188	8.73	1114	127.6

1. Défalcation faite des marchandises transportées en trains mixtes comprises dans le précédent tableau.

Il y a une remarque importante à faire pour le chemin du Nord.

Sur l'ancien réseau, le mouvement est très-différent dans les deux sens; ainsi on trouve pour les marchandises à petite vitesse :

s'éloignant de Paris.	209.186.956 tk
se rapprochant de Paris.	618.097.063
	827.284.019

soit, par jour, à la distance entière :

s'éloignant de Paris	536, soit 25 °/₀
se rapprochant de Paris.	1584, soit 75 °/₀
	2120

Si on admet que le nombre de trains est à peu près le même dans les

deux sens (car il faut ramener wagons vides et machines), on trouverait au lieu du chiffre moyen ci-dessus de 102 tonnes par train kilomètre :

$$\text{En s'éloignant de Paris } \frac{2183 \times 0.25}{10.7} = 51 \text{ tonnes.}$$

$$\text{En se rapprochant de Paris } \frac{2183 \times 0.75}{10.7} = 153 \text{ tonnes.}$$

Toutes les indications précédentes permettent de formuler, comme il suit, le caractère spécial de chaque ligne.

ANCIENS RÉSEAUX.

Nord — Maximum de fréquence des trains. — Inégalité dans le sens du mouvement.

Lyon. — Minimum de fréquence des trains. — Influence dominante des transports de marchandises. — Plus grande utilisation des trains.

Midi. — Conditions analogues à celles du Lyon comme utilisation des trains, avec trafic relativement faible.

Ouest. — Influence dominante des transports de voyageurs.

Est et Orléans. — Conditions moyennes.

Sur les nouveaux réseaux, fréquentation relativement trop élevée et mauvaise utilisation des trains.

§ IV. — EMPLOI DES VOITURES A VOYAGEURS.

L'importance et la nature du trafic étant déterminées, nous abordons l'étude du mode d'utilisation du matériel roulant, en commençant par les voitures à voyageurs.

Comparer aux nombres de voyageurs kilométriques les parcours des voitures, étant connues les conditions dans lesquelles ces voitures sont établies, c'est-à-dire leur capacité et leur poids, tel est l'objet de ce paragraphe.

Nous allons successivement faire cet examen pour chacune des six compagnies, d'après les renseignements que nous avons pu réunir, en commençant par celle pour laquelle ces renseignements sont les plus complets.

a) *Chemin de fer du* MIDI.

Le compte rendu fournit le tableau suivant de l'effectif et des parcours annuels de chaque espèce de voitures.

DÉSIGNATION.	EFFECTIF MOYEN en service.	PARCOURS EN 1868.	PARCOURS MOYEN par voiture.
	v.	k.	k.
Voitures-salons.	5	23.433	4.687
Coupés-lits.....	25	983.017	39.321
1re classe.....	182	5.623.742	30.900
Mixtes.....	134	2.528.955	18.873
2e classe.....	167	4.356.909	26.089
3e classe.....	481	12.437.712	25.857
Total.....	994	25.953.768	26.110

Il y a lieu de s'étonner du faible parcours moyen des voitures mixtes, qui, sur une ligne d'assez faible trafic, sembleraient devoir être mieux utilisées.

La capacité de ce matériel serait d'après l'effectif :

Places de 1re classe.	Salons.....	5v × 10pl	50	7202pl
	Coupés-lits....	25 × 24	600	
	1re classe.....	182 × 24	4408	
	Mixtes.....	134 × 16	2144	
Places de 2e classe.	Mixtes.....	134 × 20	2680	9360
	2e classe.....	167 × 40	6680	
3e classe.	3e classe.....	481 × 50	24050	24050
				40612pl.

La capacité moyenne par *voiture*, toujours d'après l'effectif, en assimilant chaque voiture mixte, qui comprend deux compartiments de 1re classe et deux de 2e à 1/2 voiture 1re classe et 1/2 voiture 2e classe, est respectivement:

$$1^{re}\text{ classe}\ldots \frac{7\,202}{279} = 25^{pl}\cdot 8$$

$$2^{e}\text{ classe}\ldots \frac{9\,360}{234} = 40^{pl}\cdot$$

$$3^{e}\text{ classe}\ldots \frac{24\,050}{481} = 50^{pl}\cdot$$

$$\text{Moyenne générale}\ldots \frac{40\,612}{994} = 40^{pl}\cdot 86.$$

Si on tenait compte des différences de parcours de chaque espèce de voitures, on trouverait pour la capacité moyenne une valeur un peu inférieure : 40,30 [1].

Les parcours des voitures de chaque classe sont les suivants, en assimilant chaque voiture mixte à 1/2 voiture de 1re et 1/2 de 2e :

1re classe.	7 894 669 kil.
2e classe..	5 621 387
3e classe..	12 437 712
	25 953 768

D'un autre côté, le nombre total de voyageurs à un kilomètre pour l'ensemble du réseau a été de : 289 750 407, se répartissant comme il suit, par classes :

1re classe..	42 629 350 v.kil.
2e classe..	34 376 840
3e classe..	212 744 210
	289 750 400 v.kil.

En divisant le nombre des voyageurs à un kilomètre par le nombre de voitures en service, on a le nombre de voyageurs transportés annuellement par chaque voiture, chiffre qui est la mesure de l'*utilisation*. Cette valeur est égale au produit du parcours moyen annuel de chaque voiture, par le nombre de voyageurs transportés par kilomètre de voiture. On a donc les résultats ci-dessous :

DÉSIGNATION.	NOMBRE de voyageurs transportés annuellement par voiture.	PARCOURS moyen.	NOMBRE de voyageurs transportés par voiture-kilomètre.
	v.	k.	v.
1re classe.....	152.793	28.296	5.400
2e classe.....	146.910	24.023	6.115
3e classe.....	442.295	25.857	17.105
Ensemble....	291.550	26.110	11.166

Enfin, si on rapproche le nombre de voyageurs transportés par voiture-

1. Le compte rendu admet un chiffre plus faible encore : 38,7. — Peut-être y a-t-il quelques voitures de types plus anciens que celles indiquées au tableau de la Commission et d'une moindre capacité?

kilomètre, qui est le nombre de places *occupées*, du nombre de places *offertes*, c'est-à-dire de la capacité moyenne de chaque voiture, on trouve les rapports ci-dessous :

DÉSIGNATION.	CAPACITÉ ou places offertes.	PLACES occupées.	PLACES offertes pour une place occupée.	RAPPORT du nombre de places occupées au nombre de places offertes.
1re classe.....	25.24	5.400	4.7	0.214
2e classe.....	40	6.115	6.5	0.153
3e classe.....	50	17.105	2.9	0.342
Ensemble....	40.30	11.166	3.6	0.277

Le compte rendu fait ressortir ce rapport à une valeur un peu plus élevée : 0,288.7, à cause de la plus faible capacité admise (38.7 au lieu de 40.3).

. . . .

D'après le tableau déjà cité, les poids des voitures sont les suivants :

Voitures-salons.		7000kg (approximatif).
Coupés-lits.		6850
1re classe.		6000
Mixtes..		6300
2e classe. .	sans frein.	5600
2e classe. .	à frein.	6450
3e classe. .	sans frein.	6150
3e classe. .	à frein.	6950

Il en résulte, en tenant compte des parcours, des freins, etc., les poids moyens ci-dessous :

1re classe.	6317kg	poids par place offerte :	250kg.
2e classe.	6044	—	151.10
3e classe.	6284	—	125.7
En moyenne. .	6240	—	154.8

D'après cela, si on évalue à 75 kilog. le poids moyen de chaque voyageur, le poids du *voyageur et de son véhicule* est au minimum, théoriquement, c'est-à-dire quand les voitures sont pleines, de :

1re classe. . .	75 + 250	. . . . .	325kg
2e classe. . .	75 + 151	. . . . .	226
3e classe. . .	75 + 126	. . . . .	201
Moyenne. .	75 + 155	. . . . .	230

Mais en tenant compte des places inoccupées, on trouve pour le poids réel et pratique :

1re classe. . .	$75 + \frac{250}{0.214}$	. . . . .	1243kg
2e classe. . .	$75 + \frac{151.1}{0.153}$	. . . . .	1062
3e classe. . .	$75 + \frac{125.7}{0.342}$	. . . . .	443
Moyenne. .	$75 + \frac{154.8}{0.277}$	. . . . .	634

Nous ferons remarquer de suite le faible rapport des places occupées aux places offertes pour les deuxièmes classes et le poids élevé qui en résulte pour le voyageur de cette catégorie, poids qui est plus que *double* de celui du voyageur de troisième classe.

b) *Chemin de fer du* Nord.

Pour cette ligne le compte rendu fourni les données suivantes :

Effectif et parcours annuels.

VOITURES.	NOMBRE MOYEN en service.	PARCOURS KILOMÉTRIQUE annuel.	PARCOURS MOYEN par voiture.
	v.	k.	k.
Voitures-salons.	6	309.411	51.568
De 1re classe...	324	17.699.522	54.628
Mixtes.....	51	3.124.664	61.268
De 2e classe....	295	15.432.960	52.315
De 3e classe....	500	23.422.692	46.845
Ensemble...	1176	59.989.249	51.011

La capacité est exprimée par les chiffres ci-dessous :

1re classe.	347	voitures offrant	8.244pl	par voiture :	28.76pl.
2e classe.	316.5	—	12.820pl	—	40.50pl.
3e classe.	512.5	—	24.625pl	—	48.00pl.
	1176.0	—	45.689pl	—	38.85pl.

Si on tient compte des parcours de chaque classe, on ne trouve que 38pl,11.

On a d'un autre côté :

VOITURES.	NOMBRE DE VOYAGEURS kilomètre par classe.	VOITURES.	PARCOURS TOTAL des voitures de chaque classe.
	v. k.		k.
1re classe.....	101.544.000	1re classe.....	19.050.488
2e classe.....	106.453.850	2e classe.....	17.516.069
3e classe.....	300.611.309	3e classe.....	23.422.692
Total.....	508.609.159	Total.....	59.989.249

d'où ressortent les données d'*utilisation*.

VOITURES.	NOMBRE DE VOYAGEURS transportés annuellement par voiture.	PARCOURS moyen.	NOMBRE DE VOYAGEURS transportés par voiture-kilomètre.
	k.	k.	v. k.
1re classe.....	292.634	54.929	5.33
2e classe.....	336.347	53.277	6.31
3e classe.....	586.558	46.980	12.48
Moyenne....	432.490	51.011	8.48

Le rapport des places occupées aux places offertes s'établit comme il suit :

VOITURES.	CAPACITÉ.	PLACES occupées.	PLACES OFFERTES pour une place occupée.	RAPPORT du nombre de places occupées au nombre de places offertes.
1re classe.....	23.76	5.33	4.46	0.224
2e classe.....	40.50	6.31	6.42	0.156
3e classe.....	48	12.48	3.84	0.260
Moyenne...	38.11	8.48	4.50	0.223

Les poids moyens de chaque classe sont les suivants :

Voiture de 1re classe. .	7.059kg	par place offerte :	297kg
— 2e classe. .	5.925	—	146.3
— 3e classe. .	6.009	—	125
Moyenne générale. .	6.310	—	165.6

Les voitures de 1re classe sont sensiblement plus lourdes sur le *Nord* que sur les autres lignes.

Le poids de l'unité voyageur avec son véhicule est donc au minimum et à charge complète :

1re classe.	297 + 75	372kg
2e classe.	146 + 75	221
3e classe.	125 + 75	200
Moyenne.	166 + 75	241

et le poids pratique, en tenant compte des places vides :

1re classe.	$75 + \frac{297}{0.224}$	1401kg
2e classe.	$75 + \frac{146.3}{0.156}$	1013
3e classe.	$75 + \frac{125}{0.260}$	556
Moyenne. . . .	$75 + \frac{165.6}{0.222.5}$	819

Ce poids est supérieur de près de 30 °/₀ à celui du Midi en raison, d'une part, du poids plus élevé des voitures de première classe et de la moindre utilisation des troisièmes classes, et de l'autre de la plus grande proportion de voyageurs de première classe.

La proportion des voyageurs de 1re classe est au Nord de 20 °/₀
— et au Midi de 15 °/₀

c) *Chemin de fer de l'*Ouest.

Voici les renseignements que nous avons pu réunir pour cette Compagnie relativement à l'emploi des voitures.

Réseaux réunis (banlieue non comprise).

Effectif moyen et parcours.

VOITURES.	NOMBRE MOYEN en service.	PARCOURS ANNUEL.	PARCOURS MOYEN par voiture.
	v.	k.	k.
De 1re classe...	358	15.927.913	44.491
Mixtes.....	50	1.845.309	36.906
De 2e classe....	385	14.373.721	37.334
De 3e classe....	659	21.756.240	33.014
Total.....	1452	53.903.183	37.123

Capacité :

1re classe.	375 offrant	9.200pl	par voiture :	24pl.53
2e classe.	448 offrant	15.824pl	—	37 .85
3e classe.	659 offrant	28.861pl	—	43 .8
	1452	53.885pl.	—	37 .11

En tenant compte des parcours respectifs, la capacité moyenne n'est trouvée que de 36.15, — c'est l'effet du parcours élevé des premières classes.

On a d'un autre côté :

	Nombre de voyageurs-kilomètre.	Parcours des voitures.
1re classe.	92.977.191v.-k.	16.543.016k.
2e classe.	118.877.768	15.663.927
3e classe.	328.649.978	21.756.240
	540.474.937	53.903.183

d'où ressortent les données d'*utilisation :*

VOITURES.	NOMBRE DE VOYAGEURS transportés annuellement par voiture.	PARCOURS moyen.	NOMBRE DE VOYAGEURS par voiture-kilomètre.
	v.	k.	v.
De 1re classe...	247.939	44.115	5.62
De 2e classe....	284.396	37.330	7.62
De 3e classe....	498.665	33.014	15.10
Ensemble..	372.228	37.123	10.01

Le rapport des places occupées aux places offertes s'établit donc comme suit :

VOITURES.	CAPACITÉ.	PLACES occupées.	PLACES OFFERTES pour une place occupée.	RAPPORT du nombre de places occupées au nombre de places offertes.
1re classe.....	24.53	5.62	4.36	0.229
2e classe.....	37.85	7.62	4.97	0.201
3e classe.....	43.80	15.10	2.90	0.345
Moyenne...	36.15	10.01	3.61	0.277

Nos données nous ont permis de déterminer ce rapport pour l'ancien et le nouveau réseau séparément; on trouve :

DÉSIGNATION.	ANCIEN RÉSEAU.	NOUVEAU RÉSEAU.	RÉSEAUX RÉUNIS.
Capacité moyenne.....	35.63	37.00	36.13
Nombre moyen de voyageurs par voiture-kilomètre.....	10.85	6.66	10.02
Rapport des places occupées aux places offertes.....	0.304	0.234	0.277

Les poids des voitures sont, pour l'ensemble du réseau, — grandes lignes :

Voitures de 1re classe. . .	5760kil.	poids par place offerte,	235 kil.
Voitures de 2e classe. . .	5800	—	154
Voitures de 3e classe. . .	5210	—	119
Moyenne générale. .	5555	—	153,7

Le poids minimum — à charge complète des voitures — du voyageur avec son véhicule est donc :

1re classe.	75 + 235	310kg
2e classe.	75 + 154	229
3e classe.	75 + 119	194
Moyenne. . .	75 + 154	229

et le poids réel, en tenant compte des places vides :

1re classe.	$75 + \frac{235}{0.229}$	1104kg
2e classe.	$75 + \frac{154}{0.204}$	841
3e classe.	$75 + \frac{119}{0.345}$	420
Moyenne. . . .	$75 + \frac{153.7}{0.277}$	630kg

Le même calcul effectué séparément pour l'ancien et le nouveau réseau donne les résultats ci-après :

DÉSIGNATION.	ANCIEN RÉSEAU.	NOUVEAU RÉSEAU.	RÉSEAUX RÉUNIS.
Poids moyen de la voiture.....	5570kg	5533kg	5555kg
Poids moyen par place offerte.	156.3	149.5	153.7
Poids minimum de l'unité voyageur.	231	225	229
Poids réel, en tenant compte du rapport des places occupées aux places offertes.....	589	714	630

Nous donnons, plus loin et à part, les calculs relatifs à l'emploi des voitures sur la banlieue de l'Ouest.

d) *Chemin de fer de l'*Est.

Pour la ligne de l'Est, une publication spéciale de la Compagnie nous a donné tous les détails relatifs au poids, à la capacité et au nombre des voitures, mais le compte rendu ne fournit pas les parcours annuels de chaque espèce de voitures, le parcours total lui-même est réuni à celui des wagons à grande vitesse; nous l'en avons pu pourtant dégager d'après le chiffre indiqué des places offertes et la capacité moyenne des voitures.

Les conditions d'effectif et de capacité du matériel à voyageurs de l'Est se résument ainsi :

384	voitures	de 1re	classe	offrant 9.116	places,	23.74 par voiture.
625	—	2e	—	21.670	34.67	—
1156	—	3e	—	51.810	44.80	—
2165			—	82.596	38.15	—

Le parcours total des voitures a été de 78.500.000 kilomètres: le parcours moyen a donc été, par voiture, de 36.260 kilomètres.

De sorte qu'on a, pour l'ensemble :

Nombre de voyageurs à 1 kilomètre.	608.515.297v
Nombre de voyageurs transportés annuellement par voiture.	281.070
Parcours annuel moyen d'une voiture.	36.260kil.
Nombre de voyageurs transportés par :	
Voiture-kilomètre.	7v.75
Capacité moyenne.	38pl.15
Places offertes pour une place occupée.	4pl.92
Rapport du nombre de places occupées au nombre de places offertes.	0.203.

Le compte rendu fait ressortir, outre ce dernier rapport relatif aux réseaux réunis, celui correspondant à l'ancien et au nouveau réseau; ona :

DÉSIGNATION.	ANCIEN RÉSEAU.	NOUVEAU RÉSEAU.	RÉSEAUX RÉUNIS.
Rapport du nombre de places occupées aux places offertes.....	0.229	0.176	0.203

Quant à la valeur de ce rapport, pour chaque classe, nous ne pouvons la déterminer qu'approximativement, car si nous connaissons la proportion de chaque classe des voyageurs à un kilomètre, nous n'avons point les parcours relatifs à chaque espèce de voiture.

Si on suppose un même *parcours moyen* pour chaque classe de voitures, on trouve, réseaux réunis :

VOITURES.	NOMBRE DE VOYAGEURS transportés par voiture-kilomètre.	CAPACITÉ.	RAPPORT DES PLACES occupées aux places offertes.
1re classe.....	5.46	23.74	0.230
2e classe.....	4.76	34.67	0.137
3e classe.....	10.14	44.80	0.226
Moyenne....	7.75	38.15	0.203

On peut voir, par les chiffres précédents, que généralement le parcours des voitures de première classe et même celui des deuxièmes sont supérieurs à celui des troisièmes classes; il est donc présumable que le rapport 0.230 des premières classes est au-dessus du chiffre exact, et celui des troisièmes classes 0.226, inférieur.

Celui des deuxièmes classes nous paraît rester indéterminé.

Les poids moyens de chaque classe de voiture sont :

1re classe.	5.870kg par place offerte :		247kg
2e classe.	5.927	—	171
3e classe.	5.744	—	128
En moyenne.	5.842		153

D'où, pour le *poids minimum* du voyageur avec véhicule, chargement complet :

1re classe.	75 + 247	322kg
2e classe.	75 + 171	246
3e classe.	75 + 128	203
Moyenne.	75 + 153	228

En tenant compte des places vides :

$$\text{Moyenne} \ldots\ldots\ldots \quad 75 + \frac{153}{0.203} = 828^{kg}$$

D'après ces chiffres, en supposant un poids moyen des voitures à peu près le même sur les deux réseaux, on aurait :

$$\text{Ancien réseau} \ldots \quad 75 + \frac{153}{0.229} = 743^{kg}$$

$$\text{Nouveau réseau} \ldots \quad 75 + \frac{153}{0.176} = 950^{kg}$$

e) *Chemin de fer de* LYON.

Les renseignements sur les parcours spéciaux à chaque classe de voitures nous font défaut pour le chemin de Lyon.

L'effectif est ainsi formé :

340	voitures de 1re classe	à 6 roues,	offrant ensemble	9480 places.
122	—	à 4 roues,	—	2896
107	voitures mixtes	à 6 roues,	—	4032 [1]
147	—	à 4 roues,	—	4620 [2]
135	voitures de 2e classe	à 6 roues,	—	5400
361	—	à 4 roues,	—	13888
466	voitures de 3e classe	à 6 roues,	—	23300
754	—	à 4 roues,	—	35296
2432				98912

Ce qui équivaut, en transformant les voitures mixtes en voitures de première et de deuxième classe, suivant leur capacité, à :

			Capacité moyenne.
1re classe..	569 voitures offrant ensemble	15448pl.	27.14
2e classe. .	643 —	24868	38.69
3e classe. .	1220 —	58596	48.03
	2432	97912	40.67

Le parcours total des voitures est de 96.500.000 kilomètres et le nombre total de voyageurs transportés à un kilomètre de 1.054.140.551 voitures-kilomètre.

1. Dont 992 de première classe et 3040 de deuxième classe.
2. Dont 2080 de première classe et 2540 de deuxième classe.

Le nombre moyen de voyageurs transportés par kilomètre de voiture est donc :

$$\frac{1.054.110.554}{96.500.000} = 10^{v}.95,$$

d'où ressort un rapport moyen des places occupées aux places offertes de :

$$\frac{10\ 95}{40.67} = 0,269. \ldots$$

Sur l'ancien réseau, ce rapport s'élève à $\frac{11.07}{40.67} = 0.272.$

Sur le nouveau réseau, il n'est que de $\frac{10.48}{40.67} = 0.257.$

Quant au poids des voitures, nous avons trouvé les indications suivantes dans l'ouvrage de M. Couche :

Voitures de 1re classe	à 6 roues	7500kg	à 8880		
—	à 4 roues	5250	6090		
Voitures mixtes	à 6 roues	7050	7800		
—	à 4 roues	4960	5550	avec frein	7650 à 7870kg
Voitures de 2e classe	à 6 roues	7050		—	7750
—	à 4 roues	5000	7400	—	5900 à 7240
Voitures de 3e classe	à 6 roues	6600	7300	—	7800
—	à 4 roues	5300	7580		

D'où nous avons déduit, comme poids moyen, en transformant les voitures mixtes en première et deuxième classe, pour l'ensemble de l'effectif :

569	voitures de 1re classe pesant	ensemble	4359t. 40	par voiture	7.661kg
643	voitures de 2e classe	—	4511 .14	—	7.016
1220	voitures de 3e classe	—	8480 .70	—	6.951
2432			17351 .24	—	7.135

Le poids du voyageur, toutes places occupées, est donc sur les lignes de la compagnie de Lyon :

1re classe.	$75 + \frac{7.661}{27.14} = 357^{kg}.$
2e classe.	$75 + \frac{7.016}{38.69} = 256$
3e classe.	$75 + \frac{6.951}{48.03} = 211$
Moyenne.	$75 + \frac{7.135}{40.67} = 250.$

Et le poids réel, en tenant compte des places vides :

$$\text{Ancien réseau.} \quad 75 + \frac{475}{0.272} = 718^{\text{kg}}$$

$$\text{Nouveau réseau.} \quad 75 + \frac{475}{0.257} = 756$$

$$\text{Ensemble.} \quad 75 + \frac{475}{0.269} = 725.$$

f) *Chemin de fer d'*ORLÉANS.

L'effectif des voitures et leur capacité se résument ainsi :

414 voitures de 1re classe offrant ensemble		9.772 places	23.6 par voiture.	
473 voitures de 2e classe	—	16.300	34.7	—
978 voitures de 3e classe	—	40.630	41.5	—
1865		66.702	35.8	

On a alors :

VOITURES.	NOMBRE de voyageurs-kilomètre.	PARCOURS ANNUEL des voitures.	NOMBRE DE VOYAGEURS transportés par voiture-kilomètre.
	v.k.	k.	
De 1re classe...	117.706.929	21.414.850	5.50
De 2e classe...	88.385.338	18.233.679	4.85
De 3e classe...	394.001.821	34.232.638	11.51
Ensemble....	600.094.088	73.881.167	8.12

D'où résulte :

VOITURES.	CAPACITÉ.	PLACES OCCUPÉES.	RAPPORT DES PLACES occupées aux places offertes.
De 1re classe...	23.6	5.50	0.233
De 2e classe....	34.7	4.85	0.140
De 3e classe....	41.5	11.51	0.277
Moyenne.....	35.8	8.12	0.227

Et en admettant les poids moyens de voitures ci-dessous :

1re classe, 6.000kg; 2e classe, 6.000; 3e classe, 5200; Moyenne, 5.600kg,

on aura :

Poids de l'unité voyageur.

	Toutes places occupées.	Poids réel en tenant compte des places vides.
1re classe. . .	$75 + \frac{6.000}{23.6} = 329$	$75 + \frac{6.000}{5.5} = 1.266$
2e classe. . .	$75 + \frac{6.000}{34.7} = 248$	$75 + \frac{6.000}{4.85} = 1,312$
3e classe. . .	$75 + \frac{5.200}{41.5} = 200$	$75 + \frac{5.200}{11.51} = 527$
Moyenne. .	$75 + \frac{5.600}{35.8} = 231^{kg}$	$75 + \frac{5.600}{8.12} = 764^{kg}$

Le rapport de la Compagnie d'Orléans séparant les parcours de chaque espèce de voitures sur les deux réseaux, nous pouvons évaluer le chargement moyen et le poids par unité; sur chaque réseau, on a :

	VOITURES.	NOMBRE DE VOYAGEURS transportés par voiture-kilomètre.	RAPPORT DES PLACES occupées aux places offertes.	POIDS RÉEL de l'unité voyageur.
		v.		kg.
Ancien réseau.	1re classe. . .	6.28	0.266	1030
	2e classe. . .	5.23	0.151	1222
	3e classe. . .	12.37	0.298	496
	Moyenne. . .	8.73	0.257	716
Nouveau réseau.	1re classe. . .	2.60	0.110	2382
	2e classe. . .	3.94	0.114	1597
	3e classe. . .	9.53	0.230	621
	Moyenne. . .	6.51	0.182	935

Nous appelons l'attention sur les conditions désastreuses de l'emploi les voitures de première et de deuxième classe sur le nouveau réseau l'Orléans.

Les parcours moyens par voiture et le nombre de voyageurs-kilomètre transportés par voiture ont été :

VOITURES.	PARCOURS MOYEN.	NOMBRE de voyageurs-kilomètre transportés par voiture.
De 1re classe.....	51.726	284.316
De 2e classe.....	38.549	186.861
De 3e classe.....	35.003	402.865
Ensemble.....	30.644	321.770

Chemin de fer de VINCENNES.

L'effectif de ce chemin est dans les conditions suivantes :

30 voitures à impériales, renfermant 32 places de première classe et 38 de deuxième classe (impériale) et pesant 7.860 kilogrammes.

6 voitures ordinaires de première classe à 24 places pesant 6.150kg;

140 voitures à impériales de deuxième classe, 78 places, poids 7.360kg;

14 voitures ordinaires de troisième classe, à 50 places, poids 5.680kg.

Nombre de places de chaque classe.

1re classe. . . .	30 × 32	960	1104 places.
—	6 × 24	144	
2e classe. . . .	30 × 38	1140	12060 —
—	140 × 78	10920	
3e classe. . . .	14 × 50		700 —
			13864 places.

Le poids moyen des voitures est de :

1re classe.	7.370kg	capacité moyenne	52.57
2e classe.	7.408	—	77.80
3e classe.	5.680	—	50pl.
Moyenne. . . .	7.277kg		73.

Poids minimum de l'unité, toutes places occupées.

1re classe. . . . . $\frac{7.370}{52.57} + 75 = 215^{kg}$

2e classe. . . . . $\frac{7.408}{77.8} + 75 = 170$

3e classe. . . . . $\frac{5.680}{50} + 75 = 189$

Moyenne. . . . . $\frac{7.277}{73} + 75 = 175$

D'après le compte rendu, le parcours total des places offertes est de 257.703.928 kilomètres, et celui des voitures de 3.490.000 kilomètres; la capacité moyenne d'après les parcours serait donc de 73.84; le parcours des places occupées — nombre de voyageurs-kilomètre — est de 42.786.127, contenance moyenne $\frac{42.786.127}{3.490.000} = 11^{v}.26$.

Rapport des places occupées aux places offertes :

$$\frac{11.26}{73.84} = 0.170.$$

Poids réel de l'unité moyenne :

$$\frac{7.277}{11.26} + 75 = 724^{kg}.$$

*Banlieue de l'*Ouest.

Parcours total des voitures.	15.350.730$^{kil.}$
Nombre de voyageurs à 1 kilomètre.	160.169.304
Nombre de voyageurs transportés par kilomètre de voiture.	10^{v}.43

La capacité moyenne, en tenant compte des parcours, est de 48 places.

Rapport des places occupées aux places offertes :

$$\frac{10.43}{48.} = 0.217.$$

Le poids moyen d'une voiture est de 6 300^{kg}.

Poids minimum du voyageur :

$$\frac{6.300}{48.} + 75 = 206^{kg};$$

Poids réel :

$$\frac{6.300}{10.43} + 75 = 679.$$

L'utilisation des voitures sur ces deux lignes de banlieue se résume ainsi :

Parcours moyen d'une voiture.

Vincennes. . . . . $\frac{3.490.000}{190} = 18.368^{k}$.

Ouest. . . . . $\frac{8.649.851}{506} = 17.095^{k}$ (2^{e} classe seulement).

Nombre de voyageurs transportés annuellement par une voiture.

Vincennes.	18.368 × 11.26	=	206.824
Ouest.	17.095 × 10.43	=	178.304

De sorte que les voitures de ces lignes, quoique de plus grande capacité et plus chargées, ne transportent annuellement qu'un nombre de voyageurs inférieur à celui des grandes lignes.

Pour résumer tous les calculs précédents, il convient d'en rapprocher les résultats de manière à comparer les quantités suivantes :

1° *Les parcours moyens de chaque classe de voiture.*

DÉSIGNATION.	1re CLASSE.	2e CLASSE.	3e CLASSE.	ENSEMBLE.
	kil.	kil.	kil.	kil.
Nord.....	54.929	58.277	46.980	51.011
Est.....	»	»	»	36.260
Lyon.....	»	»	»	39.675
Ouest.....	44.115	37.330	33.014	37.123
Orléans.....	51.726	38.549	35.003	39.614
Midi.....	28.296	24.023	25.857	26.110
Moyenne.....	»	»	»	38.549

Le nombre total de voitures des six grandes lignes — banlieues non comprises — est de 10.084.

C'est sur le Nord qu'on obtient du matériel le plus grand parcours: l'excédant de vitesse et de fréquence le facilitent en effet. Sur le Midi on a le plus faible parcours, sans doute à cause de la moindre importance du service de nuit. Les quatre autres lignes sont dans les conditions de la moyenne.

Ce sont toujours les premières classes qui fournissent le plus grand parcours, la vitesse en est la cause certaine.

2° *Le nombre de voyageurs-kilomètre transportés annuellement par voiture.*

DÉSIGNATION.	1re CLASSE.	2e CLASSE.	3e CLASSE.	ENSEMBLE.
	kil.	kil.	kil.	kil.
Nord.....	292.634	336.347	586 558	432.490
Est.....	198.000	172.700	367.530	281.070
Lyon.....	385.298	259.858	549.628	433.434
Ouest.....	247.939	284.396	498.665	372.228
Orléans.....	284.316	186.861	402.865	321.770
Midi.....	152.798	146.910	442.295	291.550
Moyenne.....	273.389	230.240	465.672	356.160

3° *Le nombre de voyageurs transportés par voiture-kilomètre.*

DÉSIGNATION.	1re CLASSE.	2e CLASSE.	3e CLASSE.	ENSEMBLE.
	kil.	kil.	kil.	kil.
Nord.....	5.33	6.31	12.48	8.48
Est.....	»	»	»	7.75
Lyon.....	»	»	»	10.95
Ouest.....	5.62	7.62	15.10	10.01
Orléans.....	5.50	4.85	11.51	8.12
Midi.....	5.400	6.115	17.105	11.166
Moyenne.....	5.47	6.11	13.45	9.24

Ces trois tableaux montrent comment varie l'utilisation des voitures. Il convient de remarquer que pour les deux chemins sur lesquels le nombre de voyageurs transportés par voiture atteint son maximum 430.000, le Lyon et le Nord, les conditions sont toutes différentes : le premier augmente l'utilisation en transportant 10.95 voyageurs par voiture-kilomètre (au lieu de 8.48), et le second en faisant parcourir à chaque voiture 51.000 kilomètres (au lieu de 39.700).

On rapporte ordinairement l'effectif à la longueur exploitée. — Ce rapport peut être utile, mais à la condition de le rapprocher des données précédentes. On a :

DÉSIGNATION.	NOMBRE de voitures.	LONGUEUR exploitée.	NOMBRE de voitures par kilomètre.	CAPACITÉ moyenne.
	kil.	kil.	kil.	pl.
Nord.....	1.176	1.472	0.799	38.85
Est.....	2.165	2.645	0.818	38.15
Lyon.....	2.432	3.818	0.637	40.67
Ouest.....	1.452	2.068	0 702	37.11
Orléans.....	1.865	3.362	0.555	34.03
Midi.....	994	1.730	0.574	40.86
Ensemble.....	10.084	15.095	0.668	»

Il est également intéressant de rapprocher du trafic en voyageurs, non les nombres de voitures employées, mais les nombres de places de chaque classe que comprend le matériel de chaque Compagnie.

On forme ainsi la série de tableaux suivants :

DÉSIGNATION.	NOMBRE de voyageurs kilométriques transportés annuellement.	PROPORTION de chaque classe sur 1000 v.k.	NOMBRE DE PLACES que possède la Compagnie.	PROPORTION de chaque classe sur 1000 places.	NOMBRE de voyageurs kilométriques transportés par places.
Chemin de fer du Nord.					
	v.k.	v.k.	places.	places.	v.k.
1re classe...	101.544.000	200	8.244	180	12.317
2e classe....	106.453.850	209	12.820	280	8.304
3e classe....	300.611.309	591	24.625	540	12.207
Ensemble.	508.609.159	1000	45.689	1000	11.132
Chemin de fer de l'Est.					
1re classe....	75.638.451	124	9.116	110	8.297
2e classe....	108.011.465	177	21.670	262	4.984
3e classe....	424.865.381	699	51.810	628	8.200
Ensemble.	608.515.297	1000	82.596	1000	7.366
Chemin de fer de Lyon.					
1re classe....	210.758.116	200	15.448	166	13.643
2e classe....	172.805.687	164	24.868	251	6.949
3e classe....	670.546.749	636	58.596	593	11.443
Ensemble.	1.054.110.551	1000	98.992	1000	10.657
Chemin de fer de l'Ouest.					
1re classe....	92.977.191	172	9.200	171	10.106
2e classe....	118.877.768	220	15.821	294	7.514
3e classe....	328.619.978	608	28.864	535	11.385
Ensemble.	540.474.937	1000	53.885	1000	10.030
Chemin de fer d'Orléans.					
1re classe....	117.706.929	196	9.772	146	12.405
2e classe....	88.985.338	147	16.300	244	5.422
3e classe....	394.091.821	657	40.630	610	9.697
Ensemble.	600.094.088	1000	66.702	1000	8.996
Chemin de fer du Midi.					
1re classe....	42.699.250	147	7.202	177	5.919
2e classe....	34.376.840	119	9.360	230	3.672
3e classe....	212.744.210	734	24.050	593	6.846
Ensemble.	289.750.400	1000	40.612	1000	7.134
Ensemble des six Lignes.					
1re classe....	641.254.036	179	58.982	152	10.873
2e classe....	619.001.098	172	100.930	260	6.251
3e classe....	2.331.389.448	649	228.575	588	10.200
Ensemble.	3.591.554.432	1000	388.496	1000	9.245

Ces chiffres montrent d'une manière très-nette les mauvaises conditions dans lesquelles le matériel de deuxième classe est utilisé, et la géné-

ralité absolue de ce fait, que les places de deuxième classe ne transportent que 50 à 60 °/₀ du nombre de voyageurs que transporte chacune de celles de première et de deuxième classe, est évidemment à remarquer.

La proportion, en quantité de places possédées de deuxième classe, n'est nullement en rapport avec celle des voyageurs de cette classe que chacune des lignes a à transporter.

En résumé les voyageurs de deuxième classe ne formant que 17 °/₀ de l'ensemble, et le matériel correspondant représentant 26 °/₀ du matériel total, ce matériel serait en excédant, ou plutôt, pensons-nous, il est dans des conditions spécialement désavantageuses pour son utilisation.

Enfin, pour rentrer dans le sujet spécial de notre étude, nous groupons comme il suit les chiffres relatifs au poids de l'unité-voyageur et de son véhicule :

Poids minimum, toutes places occupées.

DÉSIGNATION.	1re CLASSE.	2e CLASSE.	3e CLASSE.	ENSEMBLE.
	kil.	kil.	kil.	kil.
Nord.	372	221	200	241
Est.	322	246	203	228
Lyon.	357	256	211	250
Ouest.	310	229	194	229
Orléans.	329	248	200	231
Midi.	326	226	201	230
Moyenne.	340	240	200	235

Poids réel, en tenant compte des places vides.

DÉSIGNATION.	1re CLASSE.	2e CLASSE.	3e CLASSE.	ENSEMBLE.
	kil.	kil.	kil.	kil.
Nord.	1.401	1.013	556	819
Est.	»	»	»	828
Lyon.	»	»	»	725
Ouest.	1.101	841	420	630
Orléans.	1.266	1.312	527	764
Midi.	1.243	1.062	443	634
Moyenne.	»	»	»	742

Poids moyen d'une voiture : 6.160kg. Capacité moyenne : 38.52.

Rapport moyen des places occupées aux places offertes :

$$\frac{9.24}{38.52} = 0.240.$$

Les poids minima sont à peu de chose près les mêmes sur toutes les lignes, mais les poids réels présentent des écarts notables.

§ V. — RAPPORT DU NOMBRE DE PLACES OCCUPÉES A CELUI DES PLACES OFFERTES.

Nous devons appeler l'attention sur le rapport du nombre des places occupées au nombre de places offertes, et rechercher les causes de sa faible valeur.

Les valeurs moyennes de ce rapport sont rappelées ci-dessous :

Nord.	0,223	Moyenne générale 0.240.
Est.	0,203	
Lyon.	0,269	
Ouest.	0,277	
Orléans.	0,234	
Midi.	0,277	

Ainsi ce rapport, en moyenne égal à 0.240, ne dépasse jamais 0.280. pour l'ensemble annuel des transports de voyageurs d'une compagnie.

Plus des deux tiers des places sont moyennement inoccupées, plus des deux tiers du matériel à voyageurs circulent à vide.

Le poids de véhicule nécessaire à chaque voyageur, réduit par les efforts des ingénieurs dans la construction du matériel *au double de son propre poids*, est ainsi porté, en pratique, à *huit et dix fois* ce même poids.

La généralité de ce résultat, sur toutes les lignes, même sur celles à grand trafic, donne lieu de croire qu'il est dû à des causes inhérentes aux données spéciales du transport sur les chemins de fer, et beaucoup d'ingénieurs en ont conclu que toutes les modifications apportées au matériel et dans l'organisation des trains, dans le but d'augmenter le nombre de voyageurs par train, le rapport de la capacité occupée à la capacité offerte restant sensiblement le même, augmenteraient dans une même proportion le poids correspondant de véhicule, et par conséquent la dépense par train.

Inversement, on peut dire et on a dit : puisque les 2/3 des places restent vides, il est possible ou d'augmenter le nombre de voyageurs transportés à égalité de poids mort et de dépense, ou de diminuer la ca-

pacité des voitures, en vue du confortable, par exemple, sans augmenter les frais de traction.

Il est indispensable, pour savoir ce qu'il y a de juste dans chacune de ces deux conclusions opposées, tirées du même fait, d'analyser le phénomène et d'en énumérer toutes les causes.

Nous devons dire d'abord que l'importance du trafic n'est pas, tant s'en faut, sans influence sur le rapport observé, mais que néanmoins elle n'en élève pas la valeur au-dessus d'une certaine limite encore assez faible.

Les chiffres que nous avons pu déterminer, pour les réseaux séparés, sont les suivants :

DÉSIGNATION.	Rapport de la capacité occupée à la capacité offerte.	
	ANCIEN RÉSEAU.	NOUVEAU RÉSEAU.
Est.....	0.229	0.176
Lyon.....	0.272	0.257
Ouest.....	0.304	0.234
Orléans.....	0.257	0.182

Pour les chemins du Midi nous n'avons pu séparer les réseaux, mais les comptes rendus de plusieurs exercices successifs fournissent les renseignements ci-dessous :

Le rapport des places occupées aux places offertes a été :

0.350 en 1861, alors que le nouveau réseau avait une longueur exploitée de 113ᵏ, soit 12,4 °/₀ de la longueur totale,

0.325	en 1866,	nouveau réseau :	804ᵏ,	soit 50 °/₀	de la longueur totale.
0.301	1867	—	889	53 °/₀	—
0.289	1868	—	932	54 °/₀	—

La diminution progressive constatée ainsi chaque année est certainement, en grande partie, l'effet de l'extension du nouveau réseau, et on peut admettre, d'après ces chiffres, que le rapport est d'environ 0.350 sur l'ancien réseau, et inférieur à 0.250 sur le nouveau.

D'un autre côté, si on compare, sur le chemin de Lyon, l'exercice 1868 à 1867, année exceptionnelle quant à l'importance du trafic des voyageurs, on constate que le rapport qui est de 0.272 en 1868 sur l'ancien réseau, avec un mouvement de 1057 voyageurs à la distance entière par jour, avait atteint en 1867 0.310, le nombre de voyageurs à la distance entière s'étant élevé à 1237 par jour.

Enfin, sur l'ancien réseau de l'Est, les trois exercices 1863, 1867 et 1868, ont donné :

ANNÉES.	RAPPORT des places occupées aux places offertes.	LONGUEUR exploitée.	NOMBRE DE VOYAGEURS à la distance entière par jour.
		kil.	voyag.
1863.....	0.260	948	796
1867.....	0.260	960	1125
1868.....	0.230	960	1019

Ainsi de 1863 à 1867, malgré une augmentation de 42 °/₀ dans l'importance du trafic, le rapport est resté le même, et qui plus est il a subi, de 1867 à 1868, une très-notable diminution.

En résumé donc, sur les lignes de grand trafic le rapport, peut varier de 0.250 à 0.350, et est inférieur à 0.250 sur celles à faible trafic.

Nous allons essayer de passer en revue les causes si diverses du faible chargement moyen des voitures; il nous sera difficile de les traduire par des évaluations chiffrées, mais nous pourrons au moins embrasser l'ensemble des faits.

Un train qui serait dans les conditions idéales, pour lequel le rapport observé aurait la valeur maxima 1.00, serait un train se rendant de la station A à la station B, formé de n voitures semblables, contenant a places chacune, et qui partirait de A avec un chargement de voyageurs en destination de B, au nombre de $N = n \times a$. — Les trains de plaisir sont souvent dans ces conditions idéales.

Le train moyen est un train formé de sept à huit voitures renfermant ensemble 250 à 270 places, et contenant 65 voyageurs.

Il nous faut passer de l'un à l'autre train.

En premier lieu, le train partant à heure fixe, le nombre N de voyageurs est rarement un multiple exact de la capacité de chaque voiture a. On sera donc obligé d'atteler un nombre n de voitures, tel que N sera compris entre $(n-1)\,a$ et $n\,a$.

Si N est en moyenne égal à la demi-somme de ces deux nombres, soit $\left(n - \frac{1}{2}\right) a$, le rapport k_1 des places occupées aux places offertes sera :

$$k_1 = \frac{a\left(n - \frac{1}{2}\right)}{a \times n} = 1 - \frac{1}{2n} \text{ (1)}.$$

1. Si N = 100 et a = 35, on aura 3 voitures et k_1 sera égal à $1 - \frac{1}{6} = \frac{5}{6} = 0.83$.

Si a = 24, on aura 6 voitures et k_1 sera égal à $1 - \frac{1}{10} = 0.90$.

Ce rapport s'éloignera d'autant plus de 1 que n sera plus petit, c'est-à-dire que plus grande, par rapport au nombre de voyageurs, sera la capacité moyenne a. A ce point de vue, les voitures de faible capacité seraient les plus avantageuses, toutes réserves faites quant au poids mort plus élevé, par place offerte, qui en résulte nécessairement.

Cette première cause nous paraît devoir augmenter d'un dixième le nombre des places nécessaires.

Continuons à supposer le train idéal ne renfermant que des voyageurs de même classe, mais admettons qu'entre A et B sont des stations intermédiaires C et D, et qu'au lieu de N voyageurs se rendant de A à B, on recevra des voyageurs de destination et par conséquent de parcours différents.

Si, entre A et B, la composition du train doit rester la même, c'est-à-dire s'il n'y a pas aux stations C et D de remises de voitures, le train formé de n voitures offre toujours $n \times a$ places, mais le nombre de places occupées subit des fluctuations entre les stations. En tout cas, $n \times a$ doit toujours être égal ou supérieur au nombre maximum de voyageurs réunis ensemble dans le train, à un moment quelconque.

Divers cas peuvent se présenter :

1° Le train peut laisser des voyageurs aux stations intermédiaires et n'en pas prendre pour la gare extrême. Dans ce cas, c'est au départ que le plus grand nombre de voyageurs sera réuni. On a donc :

$$N = k_1 (n \times a).$$

Si l_1, l_2, l_3 sont les distances kilométriques qui séparent de A les stations C, D, B, les N voyageurs reçus en A se composent :

de N_1 voyageurs à destination de C, parcourant donc chacun l_1 kilomèt.
et N_2 — D, — l_2 —
et N_3 — B, — l_3 —

Le parcours total des places occupées est alors :

$$N_1 l_1 + N_2 l_2 + N_3 l_3 = N \times \lambda,$$

λ étant le *parcours moyen* d'un voyageur.

Le parcours des places offertes est :

$$n \times a \times l.$$

D'où le rapport k sera :

$$k = \frac{N \times \lambda}{n \times a \times l} = \frac{k_1 (n \times a) \times \lambda}{n \times a \times l} = k_1 \times \frac{\lambda}{l}.$$

d'où enfin, le rapport k_1, résultant des différences de parcours des voya-

geurs, $k_2 = \frac{\lambda}{l}$, c'est-à-dire le rapport du parcours moyen du voyageur au parcours total du train.

2° Le train peut prendre des voyageurs en A, C et D à destination de la station extrême B, et n'en pas laisser.

Le résultat produit est le même que dans le premier cas ; seulement c'est à l'arrivée, entre les deux dernières stations, que le plus grand nombre N de voyageurs est réuni. On trouvera donc également :

$$k_2 = \frac{\lambda}{l}.$$

3° Le train peut prendre et laisser des voyageurs aux stations intermédiaires ; c'est ce qui se passe le plus généralement. Dans ce cas, le nombre maximum de voyageurs qui peut être réuni, à un moment donné, est inférieur au nombre total de voyageurs reçus, de sorte que k_2 est alors plus grand que précédemment, et on a :

$$k_2 > \frac{\lambda}{l}.$$

Plus le parcours du train sera grand, et les stations intermédiaires nombreuses, plus l'écart entre k_2 et $\frac{\lambda}{l}$ sera grand.

En résumé, cette seconde cause : les *fluctuations de la circulation*, indépendantes du système d'exploitation et résultant des données géographiques de la ligne, de la répartition des centres peuplés, etc., se traduit par un rapport k_2, dont la limite inférieure est le rapport du parcours moyen du voyageur au parcours moyen du train, s'éloignant d'autant plus de cette valeur que le parcours du train est plus grand.

Le chemin de Vincennes fournit un exemple du cas où $\frac{\lambda}{l}$ représente à peu près le rapport k_2, le mouvement entre les stations intermédiaires devant être peu important proportionnellement à la masse de voyages effectués de ou sur Paris.

Il a donné les résultats suivants :

Nombre de trains. . . .	25,041
Parcours total.	317,180^{km}.
Parcours moyen d'un train.	$l = 12^k.66$
Parcours moyen d'un voyageur. . .	$\lambda = 7.46$

$$k_2 = \frac{7.46}{1.266} = 0.589.$$

Sur le nouveau réseau de l'Est, on trouve :

$$l = 65^{k}.48 \quad \text{et} \quad \lambda = 32^{k}.65,$$

d'où $\frac{\lambda}{l} = 0{,}500$; mais comme il y a, sur cette ligne, des trains d'assez long parcours et un mouvement assez important entre les stations intermédiaires, la valeur de k_2 est certainement plus grande que 0.500.

Sur l'ensemble du réseau du Midi, on trouve :

$$\frac{\lambda}{l} = 0.658, \quad \text{d'où } k_2 > 0.66.$$

Nous évaluons, *grosso modo*, à 0.75 la valeur moyenne du rapport k_2 dû à cette seconde cause : la différence des parcours de chaque voyageur et des trains.

On peut se demander s'il est possible d'atténuer les effets dus à cette cause, et si l'organisation des trains en peut augmenter ou diminuer l'influence. Théoriquement, on l'annulerait en modifiant à chaque station la composition du train, en condensant les voyageurs restants quand il y a diminution pour enlever une ou deux voitures, en ajoutant des véhicules quand il y a augmentation. C'est d'ailleurs ce qui se fait partiellement pour les trains à long parcours, et dans ce cas bien entendu, plus les points où cette manœuvre est possible sont nombreux, plus augmente la valeur du rapport k_2.

Pour augmenter k_2 ou sa limite inférieure $\frac{\lambda}{l}$, λ parcours moyen du voyageur étant une quantité sur laquelle on n'a pas d'action, il faudrait diminuer le parcours moyen l des trains, ce qui est possible en *spécialisant* les trains.

Si, par exemple, trois trains se rendent de A à B dans les conditions du premier cas ci-dessus examiné (pas de voyageurs à prendre aux stations intermédiaires), leur parcours total est $3\,l$.

On pourrait les remplacer par un train allant de A à B, parcourant par conséquent l kilomètres, et qui prendrait tous les voyageurs allant d'une extrémité à l'autre de la ligne, un second allant de A à D, et un troisième allant de A à C et ne prenant que les voyageurs allant à D et à C.

Le parcours total serait alors de :

$$l + l_1 + l_2 < 3\,l,$$

et le parcours moyen $\frac{l + l_1 + l_2}{3}$ serait $< l$.

Dans le service de la ligne de Paris à la Méditerranée, il est fait une large application de cette spécialisation des trains :

Le train express n° 3, Paris-Marseille, par exemple, ne prend au départ de Paris jusqu'à Mâcon, que des voyageurs pour les stations qui suivent Valence, de sorte que de Paris à Mâcon (441 kilomètres), on assure au train un chargement constant en voitures pleines. Il y a beaucoup de ces trains sur le chemin de Lyon, surtout dans le service des trains-directs, ce qui doit contribuer à augmenter l'utilisation des voitures de première classe.

Il convient cependant de remarquer que la spécialisation des trains enlève au public les bénéfices de la fréquence.

Nous avons supposé jusqu'ici tous les voyageurs de même classe, et en conséquence les voitures semblables; il n'en est ainsi que pour les trains express et certains trains de plaisir.

Mais pour les trains omnibus il se présente des voyageurs des trois classes auxquels on est tenu de fournir des places correspondantes, d'où résulte, la proportion dans laquelle les trois classes de voyageurs se présentent ne pouvant qu'exceptionnellement être égale à celle des nombres de places qu'offrent les voitures, une troisième cause de réduction du rapport k.

Prenons quelques exemples numériques :

Faisant abstraction des effets dus aux différences de parcours (soit $k_2 = 1$), supposons 100 voyageurs reçus dans un train.

Si ces 100 voyageurs sont de première classe, il faudra pour les contenir cinq voitures à 24 places, soit 120 places, et on aura :

$$k_1 = \frac{100}{120} = 0.83 \quad \text{et } k_3 = 1,$$

Si ces 100 voyageurs sont de deuxième classe, on leur consacrera trois voitures à 40 places ou quatre voitures à 30 places, soit également 120 places; on aurait donc encore :

$$k_1 = 0.83 \quad \text{et } k_3 = 1.$$

Enfin, si ce sont des voyageurs de troisième classe, on leur offrira ou deux voitures à 50 places, soit 100 places, et alors $k_2 = 1$, soit trois voitures à 40 places ou 120 places, et k_1 sera égal à 0,83.

Mais si ces 100 voyageurs sont de deux ou trois classes, on se trouvera dans des conditions très-différentes, mais fort variables selon la proportion suivant laquelle ils seront répartis.

1re *Combinaison.* — Voyageurs de première et de deuxième classe.

Supposons que le nombre des voyageurs de première classe représente successivement 10, 20, 30,... etc., pour cent du nombre total, le nombre

total de places nécessaire, en admettant l'emploi de voitures de première classe à 24 places et de voitures de deuxième classe à 40 places, d'une part, à 30 places de l'autre, sera respectivement :

Nombre de voyageurs de 1re classe.	1re Classe.		Nombre de voyageurs de 2e classe.	2e Classe.				Pour 100 voyageurs. Nombre total de places.	
				Voitures à 40 places		Voitures à 30 places			
	Nombre de voitures.	Nombre de places.		Nombre de voitures.	Nombre de places.	Nombre de voitures.	Nombre de places.	Avec voitures de 2e classe à 40 places.	Avec voitures de 2e classe à 30 places.
10	1	24	90	3	120	3	90	144	114
20	1	24	80	2	80	3	90	104	114
30	2	48	70	2	80	3	90	128	138
40	2	48	60	2	80	2	60	128	108
50	3	72	50	2	80	2	60	152	132
60	3	72	40	1	40	2	60	112	132
70	3	72	30	1	40	1	30	112	102
80	4	96	20	1	40	1	30	132	126
90	4	96	10	1	40	1	30	132	126

On voit donc que si, dans quelques cas particuliers, moins de 120 places peuvent suffire, le plus généralement il en faut 126, 128, 132, 144 et même 152.

Les cas particuliers sont ceux où les nombres de voyageurs sont dans e rapport des nombres de places contenues par voiture et de leurs multiples.

On peut admettre qu'en moyenne il faudra offrir 128 à 130 places pour 100 voyageurs, on a donc :

$$k = \frac{100}{130} = 0.77 = k_1 k_3 = 0.83 \times k_3,$$

'où :

$$k_3 = \frac{0.77}{0.83} = 0.93.$$

2° *Combinaison.* — Voyageurs de première et de troisième classe.

Une hypothèse analogue à la précédente, donne les résultats suivants :

Voyageurs de 1re classe.	1re Classe. Nombre de places nécessaires.	Voyageurs de 3e classe.	3e Classe. Nombre de places nécessaires.		Nombre total de places, pour 100 voyageurs		OBSERVATIONS.
			Avec voitures de 40 places	Avec voitures de 50 places.	Avec voitures de 40 places.	Avec voitures de 50 places.	
10	24	90	120	100	144	124	
20	24	80	80	100	104	124	
30	48	70	80	100	128	148	
40	40	60	80	100	128	148	En moyenne, avec voitures de 3e classe, à 40 places, comme ci-dessus, 128 *places*, d'où $k_3 = 0.93$.
50	72	50	80	50	152	122	
60	72	40	40	50	112	122	
70	72	30	40	50	112	122	Avec voitures de 3e classe, à 50 places, 133 places, d'où $k_3 = \frac{0.75}{0.915} = 0,90$.
80	96	20	40	50	132	146	
90	96	10	40	50	132	146	

3e *Combinaison.* — Voyageurs de deuxième et troisième classe.

	En moyenne
Avec 2e classe à 30 places et 3e classe à 40, on trouve de 100 à 150	127
Avec 2e classe à 40 places et 3e classe à 40, on trouve de 120 à 160	133
Avec 2e classe à 30 places et 3e classe à 50, on trouve de 110 à 160	132
Avec 2e classe à 40 places et 3e classe à 50, on trouve de 130 à 170	139

Valeur de k_3 0.78 à 0.90.

Ces exemples montrent donc que si, pour 100 voyageurs de la même classe, on doit offrir 120 places, s'ils sont de deux classes différentes, il en faut de 128 à 135, de sorte que k_3 est égal moyennement à 0.850 environ.

4e *Combinaison.* — Voyageurs de première, deuxième et troisième classe.

Ici les hypothèses possibles sont innombrables, mais nous en limiterons le champ, en nous bornant à celles qui se rapprochent des proportions observées sur l'ensemble des réseaux. (Tableau de la page 362.)

Le nombre de voyageurs-kilomètre de 1re classe varie de 14.7 à 20 %.
— 2e — 11.9 à 22 %.
— 3e — 59 à 73 %.

Nous avons donc calculé le nombre de places nécessaires pour les cas suivants :

Nombre de voyageurs de 1re classe.	Nombre de places de 1re classe	Nombre de voyageurs de 2e classe.	Nombre de places, 2e classe.		Nombre de voyageurs de 3e classe.	Nombre de places, 3e classe.		Nombre total de places.	
			Voitures à 30 places	Voitures à 40 places		Voitures à 40 places	Voitures à 50 places	Avec ancien matériel, 2e et 3e classe	Avec nouveau matériel.
10	24	10	30	40	80	80	100	134	164
10	24	20	30	40	70	80	100	134	164
10	24	30	30	40	60	80	100	134	164
20	24	10	30	40	70	80	100	134	164
20	24	20	30	40	60	80	100	134	164
20	24	30	30	40	50	80	50	134	114

De sorte qu'on pourrait admettre :

Avec l'ancien matériel.. $k = \frac{100}{134} = 0.746 = k_1 k_2 = 0.83\ k_2$

Avec le nouveau..... $k = \frac{100}{160} = 0.625 = k_1 k_2 = 0.91\ k_2$,

d'où :

$$k_2 = \frac{0.746}{0.83} = 0.890 \text{ avec l'ancien matériel,}$$

et $$k_2 = \frac{0.625}{0.91} = 0.683 \text{ avec le nouveau,}$$

en moyenne, ce dernier étant en proportion de plus en plus grande,

$$k_2 = 0.750.$$

D'où nous concluons en résumé que si, pour 100 voyageurs reçus, on doit offrir 120 places, quand ils sont tous de même classe ($k_2 = 1$), il en faut 128 à 135, s'ils sont de deux classes différentes ($k_2 = 0.85$), et environ 160, s'ils sont des trois classes ($k_2 = 0.7$).

La division des voyageurs en trois classes, imitée à l'origine de nos chemins de fer du système adopté en Angleterre, par des considérations jusqu'à un certain point politiques et sociales, n'est peut-être pas autant qu'on le croit conforme aux besoins et à la nature du public français, et pourrait certainement, en raison des difficultés de service et de la coûteuse utilisation des voitures qu'elle entraîne, être avantageusement modifiée.

Il faut se rappeler qu'en Angleterre, lors de l'établissement des premières lignes, on ne supposait même pas que les gens pauvres dussent jamais profiter de ce nouveau moyen de transport. On n'avait donc construit que des voitures de luxe pour l'aristocratie, et des voitures

strictement confortables pour la bourgeoisie. La force des choses entraîna l'emploi des voitures de troisième classe; mais pendant combien de temps, en France également, fut-il posé en principe que ces dernières voitures, non couvertes même au début, devaient être d'un séjour aussi désagréable que possible, afin d'entraîner le plus de voyageurs à faire usage des places de deuxième et de première classe?

L'extrême développement des transports en troisième classe, qui a bientôt fait de ceux-ci la plus importante source de bénéfices pour les compagnies, les considérations d'humanité, l'extension de nos tendances démocratiques, etc., ont peu à peu entraîné à l'amélioration des voitures de troisième classe; la conséquence en a été un abandon relatif de la voiture de deuxième classe, qui se traduit, nous l'avons déjà fait remarquer, par une très-imparfaite utilisation de ce type de véhicules.

Si on ajoute qu'en ne surtaxant pas la vitesse, et en réservant presque exclusivement aux voyageurs de première classe les trains express, on a également presque annulé la fréquentation des compartiments de première classe dans les trains omnibus, on ne sera pas étonné de voir dans ces trains omnibus le rapport des places occupées aux places offertes s'abaisser considérablement pour les deux premières classes, comme le font d'ailleurs si bien ressortir les chiffres suivants, empruntés au rapport de M. Gendebien sur l'exploitation des chemins belges, en 1865, quoique l'effet de quelques-unes des causes ci-dessus soit atténué en Belgique (vitesse surtaxée, — deux classes dans les express).

CHEMINS BELGES. 1865.	RAPPORT DES PLACES OCCUPÉES AUX PLACES OFFERTES.	
	Dans les trains express.	Dans les trains omnibus.
1re classe.....	0.31	0.11
2e classe.....	0.39	0.16.5
3e classe.....	»	0.38.5
Moyenne.....	0,33	0,25
	Moyenne générale..... 0.26.	

Toutes ces considérations militent certainement en faveur d'un système se rapprochant du système américain, non dans la construction des véhicules, mais dans le groupement des voyageurs, à savoir : en principe une seule classe de voyageurs reçus dans des véhicules aménagés avec tout le confortable *nécessaire*, chaque train renfermant également des compartiments où, moyennant un supplément de prix, on trouve le luxe.

le *superflu*. En surtaxant en outre les voyages en trains à grande vitesse, on constituerait un ensemble dans lequel chaque train ne renfermerait que deux classes de voyageurs, et qui certainement donnerait lieu à une meilleure utilisation des places offertes : au rapport $k_2 = 0.75$, on substituerait une valeur supérieure à $k_3 = 0.90$.

Nous n'avons pas besoin d'insister sur cette organisation future de nos transports des voyageurs, dont les chiffres précédents montrent bien la nécessité et les avantages.

Aux trois causes que nous venons d'examiner en détail il en faut ajouter un certain nombre qui échappent à toute évaluation numérique, et que nous ne pouvons qu'énumérer, en les comprenant sous le nom générique de *causes diverses* donnant lieu à une quatrième valeur partielle de $k\,k_4$.

Ce sont :

1° Les *retours à vide* des voitures provenant de la différence d'intensité de la circulation *dans les deux sens* de la marche des trains. Les comptes rendus ne fournissent aucune donnée sur cette différence fort grande, lorsque surtout on observe de courtes périodes. Sur l'exercice annuel, l'équilibre peut s'établir, quoiqu'il y ait de nombreux retours à vide : les lignes qui desservent les villes d'eaux et les bains de mer, par exemple, ont deux courants inverses, au début et à la fin de la saison ; sur les lignes de banlieue, c'est dans la même journée que cette différence se manifeste, et tandis que le matin le matériel dirigé sur Paris circule à vide, c'est le contraire dans la soirée, où l'on est obligé d'expédier de Paris des voitures vides pour ramener les voyageurs.

2° Les *variations dans l'intensité du mouvement total* qui est loin d'être chaque jour celui que fournit le calcul de la moyenne. Certaines de ces variations peuvent être prévues (jours de marché, affluence des dimanches ou des fêtes sur les lignes de banlieues, concours agricoles, etc.); elles ont peu d'effet sur l'utilisation du matériel dont on proportionne le service à l'importance connue de la circulation, mais beaucoup sont inattendues et donnent alors lieu à des parcours supplémentaires à vide.

3° La *fréquence* des trains dont le nombre proportionnellement à celui des voyageurs à transporter, s'il n'est pas trop grand en France pour satisfaire les exigences et les commodités du public, l'est à coup sûr au point de vue de l'utilisation des trains.

Nous avons vu, en effet (page 341), que le nombre moyen de voyageurs transportés par kilomètre de train variait sur les anciens réseaux de 52 à 72, et sur les nouveaux, où la nécessité des correspondances entraîne

à un nombre journalier de trains de beaucoup trop élevé, eu égard au nombre de voyageurs, de 34 à 50.

Ces chiffres sont, il est vrai, des moyennes : une partie des trains renferment un plus grand nombre de voyageurs; mais aussi beaucoup circulent avec moins de 52 voyageurs sur les grandes lignes, et de 34 voyageurs sur celles du nouveau réseau. On comprend que, pour ces derniers, il résultera une nouvelle cause de faible chargement des voitures, de ce fait que le nombre de voyageurs à transporter sera de beaucoup inférieur au minimum de places qu'on sera forcé d'offrir.

Ce minimum est en effet, pour les trains à trois classes, avec le nouveau matériel de $24 + 40 + 50 = 114$ places, chiffre qui restera invariable, le nombre des voyageurs descendit-il à 25, à 20, à 10.

On atténue, bien entendu, cet effet, sur les lignes où il est fréquent, par l'emploi des voitures mixtes de première et de deuxième classe (minimum $8 + 20 = 28$ places au lieu de 64), et de voitures à faible capacité, alors plus avantageuses malgré l'excès de poids mort par place offerte.

Là où cet effet est le plus à redouter, c'est sur les grandes lignes, lors des variations imprévues qui résultent, dans une même journée, de la fréquence même des trains, le public, lorsque ceux-ci sont nombreux, se répartissant d'une manière irrégulière.

4° L'emploi des compartiments réservés pour dames, autorités, postes, etc.

5° Enfin, les nécessités du service relativement aux freins dont la présence indispensable, en nombre déterminé, peut exiger parfois l'adjonction de voitures munies de freins, et qui restent inoccupées par les voyageurs.

On peut se rendre à peu près compte de l'importance du coefficient k résultant de l'ensemble des causes diverses que nous venons de passer en revue, par le calcul suivant :

Le rapport général, toutes causes agissant, k, est d'après ce que nous avons vu égal à

$$k_1 \times k_2 \times k_3 \times k_4.$$

Or, nous avons, en moyenne, évalué

$$k_1 \text{ à } 0.90,\ k_2 \text{ à } 0.75,\ k_3 \text{ à } 0.75;$$

d'un autre côté, la valeur moyenne, sur l'ensemble de nos lignes, de est égale à 0.240.

On a donc :

$$0.240 = 0.90 \times 0.75 \times k_4,$$

d'où :

$$k_4 = \frac{0.24}{0.50625} = 0.47.$$

Sur les grandes lignes, on trouve k variant de 0.30 à 0.35, et comme sur ces lignes l'emploi des trains express et des trains directs porte la valeur de k_3 à environ 0.80, on trouve pour k_4, de 0.55 à 0.65.

Sur celles du nouveau réseau, l'emploi presque exclusif des trains omnibus réduit k_3 à 0.7 et k à environ 0.20, d'où $k_4 = 0.42$.

Sur la ligne de Vincennes, le rapport k s'abaisse à 0.17, la valeur de k_2 y est, nous l'avons vu d'environ 0.60, celle de k_3 (on n'y fait circuler que deux classes de voyageurs) est de 0.85; d'où :

$$k_4 = \frac{0.17}{0.90 \times 0.60 \times 0.85} = 0.37.$$

C'est surtout à l'action des *causes diverses* que serait dû sur cette ligne, le faible rapport observé; en effet, sur nulle autre, l'effet des variations dans l'intensité du mouvement et des retours à vide ne se fait mieux sentir. Le chiffre ci-dessus montre qu'il n'est pas compensé par le chargement élevé des trains et la grande capacité des voitures à impériales.

Quelque vagues et imparfaites que soient les évaluations chiffrées que nous venons de tenter, on voit qu'elles permettent cependant les comparaisons, et nous avons cru devoir les présenter, surtout pour montrer l'importance relative de chacune des causes indiquées.

Elles prouvent, en tous cas, que, si d'une part, les différences de parcours, les variations d'intensité du mouvement total et du mouvement dans les deux sens, etc., ont une influence qu'on ne peut combattre; de l'autre, la suppression d'une classe de voyageurs, la réduction de la fréquence, la spécialisation des trains, etc., sont des moyens à employer, soit pour diminuer le rapport k, et par conséquent le poids mort des voyageurs, soit pour rendre nos véhicules plus confortables, sans augmenter le poids des trains et les dépenses de traction.

§ VI. — EMPLOI DES WAGONS DE GRANDE VITESSE.

Le transport des accessoires de grande vitesse est effectué à l'aide des :

Fourgons, renfermant les bagages et excédants, les chiens et les messageries;

Trucks à équipages, pour les voitures, calèches, etc.;

Wagons-écuries, pour les chevaux de luxe,

des **wagons-postes**, pour le service des dépêches.

Il n'est pas possible d'étudier l'emploi spécial de chacun de ces types, les résultats statistiques concernant cette série de transports ne faisant l'objet, dans les comptes rendus, que de quelques chiffres d'ensemble.

Nous admettons que dans tout train, renfermant des voyageurs, un fourgon peut être considéré comme exclusivement consacré aux voyageurs et nécessité par leur service, soit comme transportant les bagages au-dessous de 30 kilogrammes, non taxés, soit comme frein, et nous en considérons par conséquent le poids comme une addition au poids mort des voyageurs.

Il en résulte qu'il faut ajouter aux chiffres précédemment trouvés pour le poids mort dû aux véhicules le poids d'un fourgon parcourant annuellement la distance franchie par les trains de grande vitesse, réparti sur le nombre correspondant de voyageurs kilométriques. On trouve ainsi :

	Poids moyen d'un fourgon.	Nombre de voyageurs-kilométriques par kilomètre de train:			Poids par voyageur-kilométrique.		
		Anciens réseaux.	Nouveaux réseaux.	Ensemble des réseaux.	Anciens réseaux.	Nouveaux réseaux.	Ensemble des réseaux.
	kg.	v.	v.	v.	kg.	kg.	kg.
Nord.....	7.300	67,9	39,6	61,2	110	188	122
Est.....	5.655	64,5	42,9	51,5	88	132	110
Lyon.....	7.000	68,9	50,0	63,2	102	140	111
Ouest.....	6.200	68,4	47,2	59,3	91	131	104
Orléans....	6.000	52,0	33,8	46,5	115	177	128
Midi.....	5.900	72,2	48,5	61,8	82	122	95
Totaux et moyennes..	6.410	64,6	43,7	56,9	101	147	113

Les poids précédemment trouvés pour l'unité-voyageur avec son véhicule, augmenté de la portion du poids mort de fourgon qu'il a à supporter, deviennent ainsi :

Ensemble des réseaux :

Nord.....	819	+ 122	=	941kg
Est.....	828	+ 110	=	938
Lyon.....	725	+ 111	=	836
Ouest.....	630	+ 104	=	734
Orléans.....	764	+ 128	=	892
Midi.....	634	+ 95	=	729
Moyenne générale.....	742	+ 113	=	855

Sur les lignes où nous avons pu séparer les réseaux, on trouve :

	Ancien réseau.	Nouveau réseau.
	kg.	kg.
Est.	743 + 88 = 831	950 + 132 = 1082
Ouest.	589 + 91 = 680	714 + 131 = 845
Lyon.	718 + 102 = 820	756 + 140 = 896
Orléans.	716 + 115 = 831	935 + 177 = 1112

Le parcours des wagons que nous considérons comme exclusivement consacrés aux accessoires de grande vitesse, dont nous avons évalué le tonnage (page 336) sera celui indiqué aux comptes rendus pour les wagons de grande vitesse, déduction faite du parcours des fourgons spéciaux aux voyageurs, et que nous venons de supposer égal à celui des trains.

Il en résulte, pour chaque ligne, les données suivantes :

	TONNAGE KILOMÉTRIQUE des accessoires.	PARCOURS DES WAGONS de grande vitesse.	CHARGEMENT moyen.
	t. k.	kil.	t.
Nord.	21.112.562	23.367.961	0.903
Est.	17.161.000	26.104.906	0.660
Lyon.	46.214.263	31.557.530	1.464
Ouest.	16.409.696	19.219.030	0.854
Orléans.	23.585.388	18.056.234	1.306
Midi.	7.143.445	7.439.981	0.906
Totaux et moyenne.	131.626.354	125.745.642	1,047

En séparant les réseaux, on trouve pour le chargement moyen :

	Ancien réseau.	Nouveau réseau.
	t.	t.
Lyon.	1.568	1.101
Orléans.	1.352	1.065

La capacité des wagons de grande vitesse est des plus variables[1], elle nous paraît devoir être, en moyenne, d'environ cinq tonnes; nous trouvons donc également dans l'emploi de ces véhicules un rapport très-faible de la capacité utilisée à la capacité offerte, environ 0,20.

1. Fourgons, 2000, 4000 et même 10 000 kilogr.
Wagons-écuries, trois chevaux, soit 1500 à 2000 kilogr., quelques-uns six chevaux.
Trucks à équipages, 5000 kilogr.

En rapprochant des chargements moyens le poids des wagons de grande vitesse, on évalue comme il suit le poids total de l'unité marchandise grande vitesse, avec son véhicule.

	POIDS MOYEN DU WAGON, grande vitesse.	POIDS DE LA TONNE, grande vitesse, avec véhicule.
Nord.....	7.140	$1000^{kg.} + \frac{7.140}{0.898} = 8961^{kg.}$
Est.....	5.600	$1000 + \frac{5.600}{0.660} = 9788$
Lyon.....	7.000	$1000 + \frac{7.000}{1.464} = 5780$
Ouest.....	6.195	$1000 + \frac{6.195}{0.852} = 8271$
Orléans.....	6.500	$1000 + \frac{6.500}{1.306} = 6000$
Midi.....	6.040	$1000 + \frac{6.040}{0.906} = 7290$

Ce poids varie donc de 5.800 à 9.800^{kg} (moyenne générale 7.700^{kg}, soit environ *neuf fois* celui de l'unité voyageur).

§ VII. — EMPLOI DES WAGONS DE PETITE VITESSE.

Les types de wagons affectés au service de la petite vitesse sont en assez grand nombre pour rendre très-complexe l'évaluation du poids moyen d'un wagon, en tenant compte des parcours respectifs.

Sur le Nord, on trouverait par ce calcul 5100^{kg} pour le poids moyen d'un wagon. Sur l'Est, ce chiffre n'est que de 4550^{kg}, à cause d'une notable proportion d'anciens wagons à faible tonnage; sur le Midi, il est de 5000^{kg}; sur l'Ouest enfin, il est de 4860^{kg}.

Relevons, d'après les comptes rendus, quelques particularités.

Au chemin du Nord, le parcours total a été de 207,142,301 kilomètres, avec un effectif de 16,327 wagons. Le parcours moyen annuel par wagon a donc été de 12,687 kilomètres.

Signalons les parcours moyens de quelques types de wagons :

Wagons à bestiaux.	16,912	kilomètres.
Wagons fermés.	15,017	—
Wagons plats longs.	12,660	—
Wagons à sable.	29,052	—
Wagons à houille.	10,942	—
Wagons à coke.	16,143	—

On a transporté annuellement par wagon :

1° Sur les wagons à houille et à coke :

$$\frac{415,222,192^{tk}}{9,076} = 45,749 \text{ tonnes-kilométriques};$$

2° Sur les autres wagons :

$$\frac{502,890,132^{tk}}{7,241} = 69,354 \text{ tonnes-kilométriques.}$$

La moindre utilisation des wagons spéciaux à la houille et au coke est due à ce que le trafic ne s'effectue que dans une seule direction, et par périodes irrégulières.

Un wagon à houille pèse 4,500^{kg}, et peut charger 10 tonnes;
Un wagon à coke pèse 4,180^{kg}, et peut charger 10 tonnes.

Le poids mort minimum par tonne, correspondant au chargement complet, est donc de 455^{kg} pour la houille, et 418^{kg} pour le coke, en moyenne 448^{kg}, et le poids minimum de l'unité avec véhicule, 1,448^{kg}.

En réalité, le chargement moyen par wagon-kilomètre est de :

$$\frac{415,222,192}{86,716,712} = 4^{t},903,$$

au lieu de 10 tonnes, soit les 49/100 de la capacité.

D'où, poids réel de l'unité tonne de combustible,

$$1000 + \frac{448}{0.4903} = 1,913^{kg}.$$

Pour les autres marchandises, le poids minimum, marchandises et véhicule, de l'unité varie de 1,300 à 1,500^{kg}, et comme le chargement moyen est de 4^{t},175^{kg}, le poids réel est de :

$$1000 + \frac{5,100}{4,175} = 2,200^{kg}.$$

En considérant l'ensemble de toute la petite vitesse, houille, coke et marchandises, on trouve un chargement moyen de 4^{t},435, et un poids total de l'unité égal à 2,150^{kg}.

Au chemin de l'Est, la capacité moyenne est de 9^{t},55; le poids moyen d'un wagon 4,540^{kg}, et le chargement moyen est de 3^{t},540 (rapport du chargement à la capacité 0,37).

Le poids minimum de l'unité est donc :

$$1000 + \frac{4,540}{9,55} = 1,475^{kg},$$

et le poids pratique :

$$1000 + \frac{475}{0.37} = 2{,}283^{kg}.$$

Chaque wagon transporte annuellement, en moyenne, 61,226 tonnes kilométriques.

Sur le chemin de l'Ouest, on trouve :

Poids moyen du wagon.	4,880kg
Capacité moyenne.	8,100kg

Poids minimum de l'unité, $1000 + \frac{4{,}880}{8.1} = 1{,}600^{kg}$.

Le chargement moyen, sur l'ancien réseau, est de 3,600kg, d'où un rapport du chargement à la capacité égal à 0,44.

Poids pratique de l'unité. $1000 + \frac{600}{0.44} = 2{,}356^{kg}$.

Sur le nouveau réseau, on trouve 0,425 pour le rapport du chargement à la capacité, et 2,416kg pour le poids de la tonne de marchandise avec véhicule.

Le chemin de Lyon fournit les données suivantes :

L'effectif est de 44,256 wagons, le parcours total 671,438,697 kilomètres, et le parcours moyen annuel d'un wagon, 15,171 kilomètres.

Le chargement moyen a été :

Sur l'ancien réseau.	3t,670
Sur le nouveau	3t,540

ce qui donne en admettant un poids moyen de 5000kg par wagon :

Poids moyen de l'unité.	Ancien réseau.....	$1000 + \frac{5.000}{3,67} = 2.369^{kg}$
	Nouveau réseau.....	$1000 + \frac{5.000}{3.54} = 2.431$
	Moyenne générale....	$1000 + \frac{5.000}{3.562} = 2.400$

Sur la ligne d'Orléans, ancien réseau, le chargement moyen est 3t,620, d'où un poids pratique de l'unité de 2,381kg.

Sur le nouveau réseau, le chargement moyen atteint 4t,143, et le poids pratique de l'unité n'y est que de 2,210kg; c'est sans doute à cause l'importance relative des transports de houille des réseaux de Montlucon et de l'Aveyron.

Le parcours moyen d'un wagon est de 21,827 kilomètres, et la quantité transportée annuellement par chaque wagon atteint 81,786 tonnes-kilomètre; c'est le maximum d'utilisation observé.

Enfin, au Midi, le chargement moyen est de 4t,230kg, et le poids pratique de la tonne de marchandise, avec son véhicule, est de 2,171kg.

Chaque wagon, parcourant en moyenne 14,241 kilomètres par an, transporte 60,239 tonnes-kilométriques.

Les tableaux suivants résument d'ailleurs les données relatives à l'emploi des wagons de petite vitesse.

1° *Parcours, tonnage transporté, chargement.*

DÉSIGNATION.	PARCOURS annuel moyen.	TONNAGE transporté annuellement par wagon.	CHARGEMENT moyen.	RAPPORT du chargement à la capacité.
	kil.	t.k.	kg.	
Nord	12.687	56.967	4.485	0.444
Est	16.876	61.226	3.540	0.370
Lyon	15.171	54.039	3.562	0.395
Ouest	16.257	56.900	3.500	0.435
Orléans	21.827	81.786	3.747	0.375
Midi	14.241	60.239	4.230	0.423
Moyenne	15.924	59.230	3.715	0.400

2° *Poids de l'unité-tonne de marchandise avec véhicule.*

DÉSIGNATION.	ANCIEN RÉSEAU.	NOUVEAU RÉSEAU.	ENSEMBLE.
	kg.	kg.	kg.
Nord	2.150	2.150	2.150
Est	2.303	2.245	2.283
Lyon	2.369	2.434	2.400
Ouest	2.356	2.416	2.372
Orléans	2.381	2.210	2.342
Midi	2.171	2.171	2.171
Moyenne	2.308	2.136	2.310

Le poids minimum étant d'environ 1,500kg.

3° *Effectif comparé à la longueur exploitée et au trafic desservi.*

DÉSIGNATION	NOMBRE de wagons de petite vitesse.	LONGUEUR EXPLOITÉE.	NOMBRE de wagons par kilomètre exploité.	Nombre de tonnes kilométriques de marchandises transportées dans l'année.	NOMBRE de wagons pour chaque million de tonnes kilométr.
	w.	k.	w.	tk.	w.
Nord.....	16.327	1.472	11.09	918.470.672	17.78
Est.....	19.381	2.731	7.10	1.159.046.282	16.72
Lyon.....	44.256	3.818	11.59	2.428.907.862	18.23
Ouest.....	10.636	2.068	5.14	605.603.647	17.56
Orléans..	12.952	3 362	3.85	1.059.483.780	12.22
Midi.....	8.377	1.730	4.84	423.943.093	19.76
Totaux et moyennes...	111.929	15.181	7.37	6.595.455.336	17.00

Ce dernier tableau indique que, sauf en ce qui concerne le chemin d'Orléans, le matériel de petite vitesse est utilisé de la même manière par les Compagnies et qu'elles possèdent un effectif à peu près également proportionné à l'importance du tonnage à transporter.

La solidarité, que les traités d'échange du matériel ont établie entre les Compagnies, n'est pas étrangère à ce résultat.

Quant au chemin d'Orléans, les données ci-dessus témoignent d'une notable insuffisance de wagons à laquelle on obvie par un parcours exceptionnel qui ne peut se traduire que par un supplément d'usure et de frais d'entretien.

Nous observons dans l'emploi des wagons, comme dans celui des voitures, un écart considérable entre le chargement moyen et le chargement maximum, en vue duquel les véhicules sont construits, écart mesuré par un rapport k du chargement à la capacité, variant de 0,37 à 0,44; en moyenne égal à 0,40.

Ce fait est dû à deux ordres de causes : les parcours à vide et les chargements incomplets.

Les comptes rendus de l'Est, d'Orléans et du Midi, fournissent quelques données sur l'importance des parcours à vide, réunies ci-dessous :

	DÉSIGNATION	RAPPORT 0/0 du parcours des wagons vides au parcours total.	CHARGEMENT MOYEN.	CHARGEMENT des wagons circulant avec des marchandises.	VALEUR du rapport k_1.
			t.	t.	
Est.	Ancien réseau.	29.36	3.480	4.926	0.706
Est.	Nouveau réseau	19.20	3.630	4.490	0.808
Est.	Réseaux réunis.	25.35	3.540	4.740	0.747
Orléans.	Ancien réseau.	19.43	3.620	4.491	0.806
Orléans.	Nouveau réseau	23.69	4.143	5.430	0.763
Orléans.	Réseaux réunis.	20.46	3.747	4.713	0.795
	Midi.	14.89	4.230	4.970	0.851

La comparaison de trois exercices, sur l'Est, donne les valeurs suivantes du rapport pour 100 du parcours des wagons vides au parcours total, qui témoignent des progrès réalisés de 1863 à 1867, dans la réduction de la circulation à vide.

ANNÉES.	ANCIEN RÉSEAU.	NOUVEAU RÉSEAU.	RÉSEAUX RÉUNIS.
1863.	37,51 °/₀	29,88 °/₀	35,32 °/₀
1867.	29,54	18,59	25,40
1868.	29,36	19,20	25,35

Si nous désignons par k_1 le rapport du chargement à la capacité, en tenant compte seulement des parcours à vide, par k_2, celui résultant des chargements incomplets, on a :

$$k = k_1 \times k_2,$$

et par conséquent pour les chemins de l'Est, d'Orléans et du Midi :

DÉSIGNATION.	k	k_1	$k_2 = \frac{k}{k_1}$
Est.	0,370	0,747	0,495
Orléans.	0,375	0,795	0,472
Midi.	0,423	0,851	0,473

D'où il résulte que le chargement des wagons circulant avec des marchandises n'est pas en moyenne égal à la moitié de la capacité.

La circulation à vide des wagons a trois causes principales :

1° L'inégalité du tonnage transporté dans les deux sens de la marche

des trains entraînant un parcours des wagons au moins égal au double du parcours dans la direction la plus fréquentée.

Nous avons déjà signalé l'importance de cette inégalité sur le chemin du Nord, nous regrettons de ne pas connaître la proportion du parcours à vide des wagons sur la même ligne.

Les autres Compagnies ne font pas connaître comment se répartit le trafic dans les deux sens; mais il est probable que l'équilibre ne se produit sur aucune ligne, surtout quand on considère des périodes partielles, mois, saisons ou semestres.

Le rapport du Conseil d'administration du Midi mentionne pourtant l'inégale répartition qui se produit sur l'artère de Bordeaux à Cette: 1,056,676 tonnes se dirigent de Cette vers Bordeaux, et 700,370 dans le sens contraire; c'est un rapport de 151 à 100. Cette inégalité s'accuse seulement depuis deux ans. De 1862 à 1866, il y avait équilibre. Le même fait s'est produit sur la ligne de Bayonne : en 1868, 267,940 tonnes ont marché dans le sens de Bayonne vers Bordeaux, et 182,685 de Bordeaux vers Bayonne, rapport 147 à 100, tandis que de 1862 à 1864, les deux mouvements se balançaient[1],

Nous remarquerons, à ce sujet, que, en 1862, le parcours des wagons vides n'était que 11,5 °/₀ du parcours total, et qu'il a atteint, en 1867 et 1868, 15,82 et 14,89 °/₀, l'augmentation qui s'est produite dans cette période est évidemment l'effet de l'inégalité signalée par le compte rendu, et la mesure de son influence.

La situation géographique des lignes et le développement des transactions commerciales peuvent donner partout naissance à des inégalités semblables, mais les Compagnies ont tout intérêt à maintenir ou à rétablir l'équilibre en développant par des abaissements de tarifs le trafic dans la direction la moins fréquentée.

2° La spécialisation des wagons. On comprend que celles des marchandises qui exigent pour leur transport des wagons de forme et de tonnage spéciaux nécessitent, lorsqu'elles sont déposées dans une station déterminée, l'envoi à vide des véhicules nécessaires demandés à la remise la plus rapprochée, ou lorsqu'elles arrivent, le renvoi de ces véhicules sur un point déterminé, où on a des marchandises semblables à charger.

Le nombre de types de wagons a beaucoup diminué, les inconvénients

1. « Sur la première ligne, la prépondérance vers Bordeaux s'explique par le mouvement croissant des blés et des vins, qui partent surtout du versant de la Méditerranée; sur la seconde, elle s'explique par le développement que prend chaque année le commerce de traverses en pin dans les Landes, ainsi que par la nature de notre trafic avec l'Espagne qui nous envoie des produits pondéreux en échange d'objets manufacturés. »

(*Compte rendu du Midi pour* 1868, page 32.)

de la spécialisation ont amené toutes les Compagnies à le réduire, mais il y a encore à faire dans cette voie de simplification.

3° Enfin, l'insuffisance du matériel qui produit des effets analogues, c'est-à-dire exige des envois à vide des wagons nécessaires dans les stations insuffisamment approvisionnées de véhicules.

Cette insuffisance se manifeste périodiquement; on sait qu'elle est l'objet de plaintes assez bruyantes de la part de certaines industries; les Compagnies gagneraient à faire cesser ces récriminations, une réduction de la circulation à vide, de l'excès du poids mort et de l'usure qui en résultent, qui compenseraient largement l'intérêt du supplément de capital immobilisé qui en serait la conséquence.

Nous concluons du rapprochement des chiffres du tableau de l'effectif de la page 384, que, dans l'état actuel de l'exploitation de nos lignes, 20 wagons par chaque million de tonnes transportées annuellement à un kilomètre, seraient nécessaires pour assurer un bon service; c'est sur le chemin d'Orléans qu'à ce point de vue une extension considérable de l'effectif semblerait indispensable.

Quant aux *chargements incomplets*, ils sont la conséquence de la spécialisation des wagons, du fractionnement des expéditions, de la faible densité de certaines marchandises, et enfin de la limite du *chargement complet* bénéficiant des tarifs spéciaux, fixée à cinq tonnes, soit moitié de la capacité, à peu près générale, des wagons actuels consacrés aux marchandises pondéreuses expédiées par grandes masses.

En résumé, c'est par la réduction du nombre de types de wagons et le développement de leur effectif, que les Compagnies pourront efficacement augmenter le chargement moyen et réduire le poids mort.

§ VIII. — EMPLOI DES MACHINES.

Pour compléter la détermination du poids total des diverses unités transportées, il faut ajouter au poids mort résultant des véhicules celui qu'exige le transport du moteur lui-même; c'est-à-dire de la machine locomotive attelée au train, ce transport absorbant une partie de la force motrice dépensée, et par conséquent une partie des frais de traction et d'exploitation.

A chaque kilomètre parcouru par un train correspond *au moins* un kilomètre parcouru par la machine, le tender et les approvisionnements; nous disons au moins, parce que parfois deux machines sont attelées au même train et qu'il faut tenir compte des parcours des machines de

secours, de manœuvres et de formation des trains. En réalité, ainsi que l'indiquent les statistiques des comptes rendus, le parcours kilométrique des machines est supérieur de 8 à 12 °/₀ au parcours des trains, comme le montre le résumé ci-dessous :

DÉSIGNATION.		PARCOURS ANNUEL DES MACHINES.	PARCOURS ANNUEL DES TRAINS.	PARCOURS de machine par kilomètre de train.
		kil.	kil.	k.
Nord.	Ancien réseau...	16.735.737	14.827.403	1.129
	Nouveau réseau..	2.839.839	2.620.726	1.083
	Réseaux réunis..	19.575.076	17.448.129	1.122
Est (réseau luxembourgeois compris.)	Ancien réseau...	13.349.748	11.759.595	1.135
	Nouveau réseau..	12.367.235	10.925.306	1.131
	Réseaux réunis..	25.716.983	22.684.901	1.133
Lyon.	Ancien réseau...	23.884.502	22.317.819	1.070
	Nouveau réseau..	9.017.370	8.143.453	1.107
	Réseaux réunis..	32.901.872	30.461.272	1.080
Ouest grandes lignes.	Ancien réseau...	10.197.651	9.098.439	1.121
	Nouveau réseau..	5.645.226	5.437.770	1.038
	Réseaux réunis..	15.842.877	14.536.209	1.090
Orléans.	Ancien réseau...	14.987.546	13.863.107	1.082
	Nouveau réseau..	6.068.666.	5.717.837	1.061
	Réseaux réunis..	21.056.212	19.580.944	1.075
Midi.	Réseaux réunis...	8.910.139	7.786.983	1.144
Ensemble.....		124.003.159	112.498.438	1.102

L'excédant du parcours des machines sur celui des trains, varie d'ailleurs avec la nature des trains, et il est beaucoup plus élevé pour les trains de marchandises pour lesquels la double traction est plus fréquente, ainsi que les manœuvres à la machine pour la formation des trains. (Il est d'usage, du reste, de confondre avec le parcours des machines à marchandises celui des machines de gare.)

On a les chiffres suivants pour celles des lignes où la séparation des deux services est indiquée dans les comptes rendus :

DÉSIGNATION.		PARCOURS DES MACHINES par kilomètre de train.	
		TRAINS DE VOYAGEURS.	TRAINS DE MARCHANDISES.
		k.	k.
Lyon.	Ancien réseau...	1.048	1.094
	Nouveau réseau..	1.028	1.237
Orléans.	Ancien réseau...	1.019	1.196
	Nouveau réseau..	1.047	1.090
Ouest.		1.050	1.189

Pour les trains de voyageurs. . . . . 1,03 à 1,05
Pour les trains de marchandises. . . . . 1,09 à 1,24

Le poids moyen d'une machine avec tender et approvisionnement à répartir, dans chaque espèce de trains, sur le nombre d'unités transportées, ne pourrait pas être exactement déterminé avec les seuls renseignements fournis par les Compagnies sur l'effectif et les parcours de leur matériel moteur.

Voici comment nous avons pu en faire une évaluation approximative pour le chemin de l'Est.

L'effectif en service, en 1868, se décompose ainsi :

Service des trains de voyageurs et des trains mixtes.	Machines à grande vitesse.....	49	393
	Machines à voyageurs ordinaires.....	66	
	Machines mixtes à quatre roues couplées....	278	
Service des trains de marchandises.	Machines marchandises à six roues couplées..	363	435
	Machines Engerth.....	41	
	Machines de gare.....	31	
			828 machines.

D'après l'état du matériel roulant publié par la Compagnie de l'Est, les 49 machines à grande vitesse auraient, en charge, avec 15 centim. d'eau les poids suivants :

27	du type	n° 7 (Crampton).	27,275kg
6	—	n° 11 (lestée à l'arrière).	25,909
16	—	n° 17 —	26,978
49			

Si on admet que chacune de ces machines a effectué le même parcours annuel, il en résultera un poids moyen par machine de 27,000 kil.

Les tenders attelés à ces machines (type n° 2). pèsent vides 10,000 kil. et avec leur charge complète en eau et en combustible, 19,500 kil. Nous admettons que les tenders, dont le chargement varie entre les points de

ravitaillement, circulent avec un chargement moyen égal aux deux tiers du chargement maximum.

Le poids moyen d'une machine à grande vitesse, avec tender et approvisionnement est donc :

$$27{,}000 + 10{,}000 + 2/3\ 9.500 = 43^{t}{,}340^{kg}.$$

Les 66 machines à voyageurs ordinaires sont des machines de types anciens dont le poids est moindre. On a d'après l'état déjà cité :

DÉSIGNATION.	POIDS de la machine en charge.	POIDS CORRESPONDANT de tender avec 2/3 des approvisionnements. $\left(8.200 + \frac{2}{3}\ 9.000\right)$	POIDS TOTAL.
49 machines, type n° 1..	22.040kg	14.200	36.240kg
19 machines, type n° 3..	22.234	14.200	36.434
7 machines, type n° 14.	20.100	14.200	34.300

Poids moyen, machine, tender et approvisionnements = $36^{t}.063^{kg}$.

Les 115 machines à voyageurs peuvent donc être considérées comme ayant un poids moyen de :

$$\frac{43^{t}.34 \times 49 + 36^{t}.06 \times 66}{115} = 39 \text{ tonnes.}$$

Ces 115 machines ont effectué dans l'année 1868 un parcours total de :

4,364,721 kilomètres.

Les 278 machines mixtes, à quatre roues couplées, de douze types différents, ont un poids variant de 25 à 29,000 kil. Leur poids moyen, en tenant compte des nombres de machines de chaque type, et leur supposant un égal parcours annuel, est de 26,853 kil.

Les tenders correspondants sont de deux espèces : les uns pesant vides 8,200 kil., et avec les deux tiers de l'approvisionnement 14,200 kil.; les autres pesant vides 10,200 kil. et 17,533 kil. avec les 2/3 de leur chargement.

Nous admettrons donc pour le poids moyen des machines mixtes avec tenders :

$$26{,}853 + \frac{14{,}200 + 17{,}533}{2} = 42^{t}{,}700^{kg},$$

Le parcours effectué en 1868 par les machines mixtes a été de :

9,669,040 kilomètres.

Le service des trains renfermant des voyageurs, trains express, omnibus et mixtes, a donc exigé un parcours total des machines,

$$4,364,721^{kil.} + 9,669,040^{kil.} = 14,033,761^{kil.};$$

et on peut admettre que le poids moyen de machine, tender et approvisionnements, afférent à chaque kilomètre parcouru par les machines, est de :

$$\frac{39^t \times 4,364,721^{kil.} + 42^t,7 \times 9,669,040}{14,033,761} = \frac{583,092,127^{t.kil.}}{14,033,761} = 41^t,550.$$

Ce poids doit être un peu fort, les poids de machines correspondant à des bandages neufs et à la charge complète en eau dans la chaudière et en combustible dans le foyer. Nous admettrons : 41 *tonnes*.

Le service des marchandises est effectué par 435 machines, dans les conditions suivantes :

363 machines à six roues couplées, dont le poids varie 24,405^{kg} à 33,000; en moyenne 29,865^{kg} avec tender, pesant avec les 2/3 de son approvisionnement 17,3000 kil.

Poids moyen total 29,865 + 17,300 = 47,165^{kg}.

41 machines Engerth, pesant de 63 à 66 tonnes, avec tenders et approvisionnement; en moyenne, 64,800 kil.

404 machines dont le poids moyen est de :

$$\frac{47,165 \times 363 + 64,800 \times 41}{404} = 48,950^{kg}.$$

Nous admettrons, en tenant compte de l'usure moyenne des bandages, etc. : 48 *tonnes*.

Le parcours de ces 404 machines, en 1868, a été de 11,498,754 kilomètres.

Enfin les 31 machines de gare, ayant annuellement parcouru 903,167^{kil}, ont un poids moyen de 26 tonnes, de sorte que le poids moyen de la machine avec tender et approvisionnement, parcourant un kilomètre pour le service des marchandises, est de :

$$\frac{48^t \times 11,498,754^k + 26 \times 903,167^k}{12,401,921^k} = \frac{575,422,434^{t.k.}}{12,401,921} = 46^t,4.$$

On a donc, en résumé, les poids moyens :

Service des express.	43^t	
Service des trains de voyageurs.	36	
— omnibus et mixtes.	42,5	
Moyenne. Service grande vitesse.		41 tonnes.
Trains de marchandises.	48	
Machine de gare.	26	
Moyenne. Service petite vitesse.		46,4 tonnes.

On aura à tenir compte, en évaluant le poids de machine afférent à chaque kilomètre de train, de l'excès de parcours des marchandises sur les trains, excès plus grand, nous l'avons dit, pour le service de la petite vitesse.

Sur les lignes de l'Ouest, l'effectif est ainsi formé :

54 Machines à un essieu moteur (types anciennes compagnies de Rouen et du Havre), pesant, en moyenne, avec tender et 2/3 de l'approvisionnement. 27t,500
Elles ont parcouru, en 1868, 937,744 kilomètres.

297 Machines mixtes à deux essieux moteurs, ainsi décomposées :

148	machines (types anciennes Compagnies), dont le poids moyen est de..	34t,500
36	machines de banlieue, dont le poids moyen est de.	37t,600
113	machines à grandes roues, dont le poids moyen est de.	44t,370
297	Poids moyen avec tender et 2/3 approvis[t].	38t,630

Le parcours total, en 1868, de ces machines a été de 9,908,974 kilomètres; de sorte que, pour l'ensemble du service des trains de voyageurs et des trains mixtes, il convient d'admettre le poids moyen :

$$\frac{27^{t},500 \times 937,744^{k} + 38,63 \times 9,908,974}{10,846,718} = 37^{t}700.$$

Quant au service de petite vitesse, il est effectué par 269 machines, dont le poids moyen est de 44t,500.

En l'absence de renseignements analogues sur les autres lignes, mais en tenant compte des données partielles qui figurent aux comptes rendus sur les effectifs et les parcours spéciaux de chaque sorte de trains, nous évaluons comme il suit le poids de machine, tender et approvisionnement, à compter par kilomètre de parcours de machines.

		tonnes.
Nord.	Service des voyageurs.	40
—	— des marchandises[1].	48
Lyon.	— des trains de voyageurs et des trains mixtes.	40
—	— des marchandises, petite vitesse.	48
Orléans.	— des trains de voyageurs et trains mixtes[2]. . .	42

1. L'effectif en machines à marchandises comprend 229 machines *fortes*, 173 *ordinaires* et 60 de gare.

2. Les parcours des trains de voyageurs et des trains mixtes ont été dans les rapports de 4,329,000 kil. à 8,563,000 kil.

			tonnes.
Orléans.	—	des marchandises, petite vitesse.	47
Midi.	—	des trains de voyageurs et trains mixtes. . .	37
—	—	des marchandises, petite vitesse.	47

Nous rapprochons, plus loin, après détermination du poids et de la composition moyenne des trains, le poids mort moteur du poids brut remorqué et du poids utile.

Nous donnons ici, à titre de renseignement, les parcours annuels moyens de chaque espèce de machines, sur nos diverses lignes :

COMPAGNIES.	NATURE DU SERVICE.	NOMBRE de machines en service.	PARCOURS annuel TOTAL.	PARCOURS annuel moyen.	MOYENNE par Compagnie.
			kil.	kil.	kil.
Nord.	Voyageurs.....	279	8.477.820	30.386	26.417
	Petite vitesse.....	462	11.097.256	24.020	
Est[1].	Voyageurs et mixtes.	393	14.033.761	35.709	31.927
	Petite vitesse.....	435	12.401.921	28.510	
Lyon.	Voyageurs et mixtes.	517[2]	18.045.065[2]	34.903	32.180
	Petite vitesse.....	756[2]	22.920.387[2]	30.318	
Ouest[3].	Voyageurs et mixtes.	358	10.846.718	30.298	27.518
	Petite vitesse.....	269	6.407.299	23.819	
Orléans.	Ensemble.	728	21.056.212	28.923	28.923
Midi.	Voyageurs et mixtes.	163	5.057.693	31.029	28.710
	Petite vitesse.....	147	3.852.446	26.207	
Total et moyenne générale...		4507	134.889.314	29.907	29.907
Total ORLÉANS excepté.	Voyageurs et mixtes.	1710	56.461.057	33.018	29.939
	Petite vitesse.....	2069	56.679.309	27.394	

1. Y compris les parcours sur les lignes en exploitation partielle.
2. Chiffres puisés non au compte rendu, mais dans le rapport de l'ingénieur de la traction, et comprenant les parcours sur les lignes exploitées, au compte construction et ceux des machines à sable et des machines de gare, non compris dans les parcours figurant au compte rendu.
3. Banlieues comprises.

En résumé, le parcours annuel moyen d'une machine est de 30 à ,000 kilomètres dans le service des voyageurs, et de 24 à 30,000 kilo-ètres dans celui de la petite vitesse.

Enfin le tableau ci-dessous indique l'importance de l'effectif des ma-ines comparé au travail qu'elles ont à fournir, ce travail étant repré-nté par le poids brut total, poids utile, poids de véhicule et poids du oteur, transporté annuellement à un kilomètre. Nous y faisons res-

sortir le nombre de machines que possèdent les Compagnies pour chaque million de tonnes kilométriques de poids brut transportées dans l'année.

DÉSIGNATION des LIGNES.	EFFECTIF.	TONNAGE KILOMÉTRIQUE brut total remorqué [1].	TRAVAIL produit par une machine en tonnes à un kilomètre.	NOMBRE de machines pour chaque million de tonnes kilométriques de poids brut.
	m.	kil.	t.k.	machines.
Nord.....	741	2.494.169.809	4.711.400	0.212
Est.....	828	4.453.252.500	5.378.300	0.186
Lyon.....	1273	8.366.827.100	6.572.500	0.152
Ouest.....	627	2.628.221.100	4.191.740	0.238
Orléans.....	728	4.073.180.550	5.595.000	0.179
Midi.....	310	1.554.013.450	5.013.240	0.200
Totaux....	4507	24.569.654.900	5.451.400	0.183

1. Voir pages 395 à 419 la détermination de ce tonnage.

L'effectif le plus considérable, proportionnellement au poids remorqué, est celui de l'Ouest; cela tient à la prédominance du transport des voyageurs. (Le service de banlieue est d'ailleurs compris dans ces chiffres.)

§ IX. — COMPOSITION ET POIDS DES TRAINS.

En rapprochant toutes les données précédemment évaluées, il nous est actuellement possible de déterminer, sur chaque ligne, la composition et le poids des trains de chaque espèce, l'importance totale du tonnage kilométrique brut annuellement transporté, le rapport du poids utile au poids mort, et enfin le poids total de chaque unité décomposé en ses éléments : poids utile, poids mort du véhicule, poids mort du moteur.

Nous avons, autant que possible, séparé l'ancien et le nouveau réseau, d'une part, le service de grande vitesse et celui de petite vitesse de l'autre, en comprenant dans le premier tous les trains renfermant des voyageurs ; express, omnibus et mixtes.

La répartition du poids de machine et tender entre les deux espèces d'unités, voyageurs et marchandises à grande vitesse dans les trains qui renferment ces deux éléments, a été faite au prorata des poids de chaque unité et de leur véhicule.

Quant aux trains mixtes qui renferment, en outre, des marchandises de petite vitesse, nous observerons que l'adjonction de ces marchandises

aux trains de voyageurs, n'étant qu'un moyen de bien utiliser ceux-ci, il convient de ne leur faire supporter que la part du poids de machine et tender qu'elles eussent exigé dans les trains de petite vitesse.

Nous donnons ci-après le résultat de ces calculs pour chacune des six Compagnies et pour l'ensemble.

Chemin de fer du Nord.

1° ANCIEN RÉSEAU.

Trains de marchandises. — Parcours total : 8,327,403 kilomètres.

COMPOSITION MOYENNE DU TRAIN.		POIDS moyen DU TRAIN.	TONNAGE kilométrique total.
		t.	t.k.
Poids mort.	Machine et tender, 1.175 à 48 tonn.....	56.400	469.665.520
	Wagons, 23 à 5t.100kg.....	117.300	976.804.372
Poids utile.	Marchandises.....	102.030	849.672.519
		275.740	2.296.142.420
Rapport du poids utile au poids total 37 %.			

Poids de l'unité marchandises à petite vitesse.

Poids utile.....			1.000kg
Poids mort.	Véhicule	$\frac{117,300}{102.030}$....	1.149
	Moteur	$\frac{56.400}{102.030}$....	553
			2.702kg, soit 2,7 fois le poids utile.

Trains de voyageurs. — Parcours total : 6,500,000 kilomètres.

COMPOSITION MOYENNE DU TRAIN.		POIDS moyen DU TRAIN.	TONNAGE kilométrique total.
		t.	t.k.
Poids mort.	Machine et tender, 1.06 à 40 tonnes.....	42.400	275.600.000
	Voitures, 8 à 6.810.....	50.480	328.120.000
	Fourgon, service des voyageurs, 1 à 7.500.	7.500	48.750.000
	Wagons grande vitesse, 3.12 à 7.140....	22.260	144.690.000
Poids utile.	Voyageurs, 87,9 à 0t.075kg.....	5.093	33.104.500
	Accessoires grande vitesse, 3t.009.....	3.009	19.560.780
		130.742	849.825.280

Poids mort.....	122t.640	soit 93.8 %
Poids utile.....	8 .102	soit 6.2 %
	130 .742	

Répartition du poids des véhicules et de la machine entre les voyageurs et les accessoires.

	VOYAGEURS.	ACCESSOIRES GRANDE VITESSE.
	t.	t.
Voitures.....	50.480	»
Fourgons.....	7.500	»
Wagons grande vitesse...	»	22.260
Machines.....	30.270	12.130
	88.250	34.390
	pour 67.9 voyageurs.	pour 3t.009 d'accessoires.

Poids total de l'unité.

	VOYAGEURS.	TONNE D'ACCESSOIRES.
	kg.	kg.
Poids utile.....	75	1.000
Poids mort véhicule.....	854	7.397
Poids mort moteur.....	445	4.031
	1374	12.428
	soit 18.3 fois le poids utile.	soit 12.4 fois le poids utile.

La tonne d'accessoires équivaut donc en poids total à $\frac{12.428}{1.374} = 9$ voyageurs.

2° NOUVEAU RÉSEAU.

Trains de marchandises. — Parcours total : 970,726 kilomètres.

COMPOSITION MOYENNE DU TRAIN.	POIDS moyen DU TRAIN.	TONNAGE kilométrique total.
	t. kg.	t.
Machine et tender, 1.175 à 45t.....	52.875	51.327.137
Wagons, 15.8 à 5.100.....	80.580	78.221.101
Marchandises.....	70.873	68.798.153
	204.328	198.346.391

Rapport du poids utile au poids total 34.7 %.

Poids de l'unité marchandises petite vitesse.

Poids utile		1.000kg
Poids mort.	Véhicule	1.137
	Moteur	746
		2.883 , soit 2,9 fois le poids utile.

Trains de voyageurs. — Parcours total : 1,650,000 kilomètres.

COMPOSITION MOYENNE DU TRAIN.		POIDS moyen DU TRAIN.	TONNAGE kilométrique total.
		t. kg.	t.k.
Poids mort.	Machine, 1.06 à 40t.	42.400	69.960.000
	Voitures, 4.69 à 6.310kg.	29.600	48.840.000
	Fourgon, service des voyageurs, 1 à 7.500.	7.500	12.375.000
	Wagons de grande vitesse, 1.035 à 7.140.	7.390	12.193.500
Poids utile.	Voyageurs, 39.8 à 0t.075kg.	2.985	4.925.250
	Accessoires, 0t.930	0.930	1.551.782
		90.805	149.845.532

Poids mort	86t.890	soit 95.7 %
Poids utile	3 .915	soit 4.3 %
	90 .805	

Répartition du poids mort entre les voyageurs et les accessoires.

	VOYAGEURS.	ACCESSOIRES.
	kg.	kg.
Véhicule	37.100	7.390
Machine	35.153	7.247
	72.253	14.637
	pour 39.8 voyageurs.	pour 0t.930.

Poids total de l'unité.

	VOYAGEURS.	ACCESSOIRES.
	kg.	kg.
Poids utile	75	1.000
Poids mort véhicule	932	7.946
Poids mort moteur	883	7.792
	1.890	16.738
	soit 25 fois le poids utile.	soit 16.7 fois le poids utile.

La tonne d'accessoires équivaut donc, en poids total, à $\frac{16.738}{2.890} = 8.9$ voyageurs.

Chemins de fer de l'Est.

1° ANCIEN RÉSEAU.

Trains de marchandises. — Parcours total : 5,905,436 kilomètres.

COMPOSITION MOYENNE DU TRAIN.		POIDS moyen DU TRAIN.	TONNAGE kilométrique total.
		t.	t.
Poids mort.	Machine et tender, 1.26 à 46t.4	50.460	345.231.788
Poids mort.	Wagons, 82.3 à 4t.540	151.182	892.795.625
Poids utile.	Marchandises	116.060	685.395.810
		325.702	1.923.423.223

Rapport du poids utile au poids total 36 %.

Poids de l'unité marchandises.

Poids utile		1.000kg
Poids mort.	Véhicule	1.303
	Moteur	504
		2.807 , soit 2,8 fois le poids utile.

Trains de voyageurs et mixtes. — Parcours total : 5,533,648 kilomètres.

COMPOSITION MOYENNE DU TRAIN.		POIDS moyen DU TRAIN.	TONNAGE kilométrique total.
		t.	t.
Poids mort.	Machine, 1.06 à 41t.	43.460	240.492.342
Poids mort.	Voitures, 7.34 à 5.840	42.880	237.282.826
Poids mort.	Fourgon de service, 1 à 5.655	5.655	31.292.779
Poids mort.	Wagons grande vitesse, 2.68 à 5.600	15.008	83.048.985
Poids mort.	Wagons de marchandises, 0.258 à 4.540	1.171	6.479.902
Poids utile.	Voyageurs, 64.5 à 75kg	4.838	26.771.789
Poids utile.	Accessoires	1.784	9.874.300
Poids utile.	Marchandises en trains mixtes	0.873	4.832.900
		115.669	640.076.023

Poids mort	108t.174	soit 93.4 %
Poids utile	7.495	soit 6.5 %
	115.669	

Répartition entre les trois espèces d'unités.

	VOYAGEURS.	ACCESSOIRES.	TONNE de marchandises en trains mixtes.
	t.	t.	t.
Poids utile	4.838	1.784	0.873
Poids mort. Véhicule	48.535	15.008	1.171
Poids mort. Moteur	32,720	10,294	0,448
	86.093	27.078	2.492
	pour 64.5 de voyageurs.	pour 1t.784 d'accessoires.	pour 0t.873 de marchandises.

1. Dans les trains de petite vitesse le poids de machine est de 504 kil. pour 2,203 kil. de marchandises et wagons, poids remorqué, soit 219 kil. pour 1000 kil. de poids brut trainé. Nous appliquons ici la même proportion. On a pour les marchandises en trains mixtes $2.044 \times 0.219 = 0.448$ de poids moteur. Il reste à répartir entre les voyageurs et les accessoires, au prorata du poids brut, $43{,}460 - 0.448 = 43^t.012$.

Poids total de l'unité.

	VOYAGEURS.	TONNE d'accessoires.	MARCHANDISES en trains mixtes.
	kg.	kg.	kg.
Poids utile	75	1.000	1.000
Poids mort. Véhicule	752	8.412	1.341
Poids mort. Moteur	507	5.770	513
	1334	15.182	2.854
	soit 17.8 fois le poids utile.	soit 15.1 fois le poids utile.	soit 2.85 fois le poids utile.

La tonne d'accessoires équivaut en poids total à 11.4 voyageurs.

2° NOUVEAU RÉSEAU.

Trains de marchandises. — Parcours total : 4,243,497 kilomètres.

COMPOSITION MOYENNE DU TRAIN.	POIDS moyen DU TRAIN.	TONNAGE kilométrique total.
	t.	t.k.
Poids mort. Machine, 1.26 à 46t.400	58.464	246.337.889
Poids mort. Wagons, 29.24 à 4.540	132.750	559.341.727
Poids utile. Marchandises	106.617	449.230.972
	297.831	1.254.910.588

Rapport du poids utile au poids mort 35.8 %.

Poids total de l'unité, tonne de marchandises.

Poids utile		1.000kg
Poids mort.	Véhicule	1.245
	Moteur	548
		2.793 , soit 2,8 fois le poids utile.

Trains de voyageurs et mixtes. — Parcours total : 5,869,509 kilomètres.

COMPOSITION MOYENNE DU TRAIN.		POIDS moyen DU TRAIN.	TONNAGE kilométrique total.
		t.	t.
Poids mort.	Machine, 1.06 à 41t.	43.460	255.088.861
	Voitures, 6.25 à 5.840	36.512	214.307.513
	Fourgon de service, 1 à 5.655	5.655	33.192.073
	Wagons grande vitesse, 1.88 à 5.600	10.528	61.794.175
	Wagons à marchandises, 0.985 à 4.540	4.472	24.704.763
Poids utile.	Voyageurs, 42t.9 à 75 kil.	3.217	18.882.211
	Accessoires grande vitesse	1.240	7.286.500
	Marchandises en trains mixtes	3.337	19.586.600
		108.421	634.842.696

Poids mort	100t.627 soit 93 %
Poids utile	7 .794 soit 7 %
	108. 421

Répartition entre les trois espèces d'unités.

		VOYAGEURS.	ACCESSOIRES.	MARCHANDISES en trains mixtes.
		t.	t.	t.
Poids utile		3.217	1.240	3.337
Poids mort.	Véhicules	42.167	10.258	4.472
	Moteur	33.150	8.405	1.905[1]
		79.234	19.903	9.714
		pour 42.9 voyageurs.	pour 1t.240 d'accessoires.	pour 3t.337 d'accessoires.

1. A raison de $\frac{548}{2.245}$ = 226 kil. par tonne brute remorquée.

Poids total de l'unité.

	VOYAGEURS.	TONNE d'accessoires.	TONNE de marchandises en trains mixtes.
	kg.	kg.	kg.
Poids utile	75	1.000	1.000
Poids mort. Véhicule	983	8.272	1.340
Poids mort. Moteur	773	6.778	571
	1831	16.050	2.911
	soit 24.4 fois le poids utile.	soit 16.0 fois le poids utile.	soit 2.9 fois le poids utile.

La tonne d'accessoires équivaut en poids total à 9 voyageurs.

Chemin de fer de Lyon.

1° ANCIEN RÉSEAU.

Trains de marchandises. — Parcours total : 10,704,982 kilomètres.

COMPOSITION MOYENNE DU TRAIN.	POIDS moyen DU TRAIN.	TONNAGE kilométrique total.
	t.	t.k.
Poids mort. Machine, 1.095 à 48t.	52.560	562.496.174
Poids mort. Wagons, 47.360 à 5	236.800	2.534.229.338
Poids utile. Marchandises	172.910	1.850.505.915
	462.270	4.947.231.428

Rapport du poids utile au poids total 37,3 %.

Poids de l'unité tonne de marchandises, à petite vitesse.

Poids utile		1.000kg
Poids mort.	Véhicule	1.369
	Moteur	304
		2.673 , soit 2,7 fois le poids utile.

Trains de voyageurs et mixtes. — Parcours total : 14,615,837 kilomètres.

COMPOSITION MOYENNE DU TRAIN.		POIDS moyen DU TRAIN.	TONNAGE kilométrique total.
		t.	tk.
Poids mort.	Machine, 1.048 à 40t.	41.920	486.935.987
	Voitures, 6.230 à 7.100.	44.233	513.803.318
	Fourgon de service, 1 à 7.	7.000	81.310.859
	Wagons grande vitesse, 2.111 à 7.	14.777	171.647.223
	Wagons à marchandises, 2.050 à 5.	10.250	119.062.329
Poids utile.	Voyageurs, 68.9 à 75 kil.	5.167	60.019.030
	Accessoires grande vitesse.	3.310	38.444.708
	Marchandises en trains mixtes.	7.400	85.858.580
		134.057	1.557.081.934

Poids mort. ..... 118t.180 soit 88.2 %
Poids utile..... 15 .877 soit 11.8 %
134 .057

Répartition entre les trois espèces d'unités.

	VOYAGEURS.	ACCESSOIRES.	MARCHANDISES.
	t.	t.	t.
Poids utile.	5.167	3.310	7.400
Poids mort. Véhicule.	51.233	14.777	10.250
Poids mort. Moteur.	30.030	9.631	2.259[1]
	86.430	27.718	19.909
	pour 68.9 de voyageurs.	pour 3t.310 d'accessoires.	pour 7t.400 de marchandises.

1. A raison de 128 kil. pour 1000 kil. poids brut remorqué.

Poids total de l'unité.

	VOYAGEURS.	TONNE d'accessoires.	TONNE de marchandises à petite vitesse.
	kg.	kg.	kg.
Poids utile.	75	1.000	1.000
Poids mort. Véhicule.	744	4.464	1.385
Poids mort. Moteur.	436	2.910	303
	1255	8.374	2.688
	soit 16.7 fois le poids utile.	soit 8.4 fois le poids utile.	soit 2.7 fois le poids utile.

La tonne d'accessoires équivaut à 6.7 voyageurs.

2e NOUVEAU RÉSEAU.

Trains de marchandises. — **Parcours total : 3,084,827 kilomètres.**

COMPOSITION MOYENNE DU TRAIN.		POIDS moyen DU TRAIN.	TONNAGE kilométrique total.
		t.	t.k.
Poids mort.	Machine, 1.095 à 48t	52.560	161.980.827
	Wagons, 39.61 à 5t	198.050	617.135.857
Poids utile.	Marchandises	138.060	425.478.111
		388.670	1.204.594.795
Rapport du poids utile au poids total 35.3 %.			

Poids total de l'unité marchandises, à petite vitesse.

Poids utile		1.000kg
Poids mort.	Véhicule	1.434
	Moteur	386
		2.820 , soit 2,8 fois le poids utile.

Trains de voyageurs et mixtes. — **Parcours total : 5,061,626 kilomètres.**

COMPOSITION MOYENNE DU TRAIN.		POIDS moyen DU TRAIN.	TONNAGE kilométrique total.
		t.	t.k.
Poids mort.	Machine, 1.048 à 40t	41.920	212.183.362
	Voitures, 4.77 à 7.100	33.867	171.422.088
	Fourgon de service, 1 à 7	7.000	35.431.382
	Wagons grande vitesse, 1.38 à 7	9.660	48.895.307
	Wagons à marchandises, 3.80 à 5	19.000	96.170.894
Poids utile.	Voyageurs, 50 à 75 kil.	3.750	18.981.098
	Accessoires	1.535	7.765.555
	Marchandises en trains mixtes	13.250	67.065.256
		129,982	657.918.942

Poids mort	111t.447	soit 86 %
Poids utile	18.535	soit 14 %
	129.982	

Répartition entre les trois espèces d'unités.

	VOYAGEURS.	ACCESSOIRES.	MARCHANDISES.
	t.	t.	t.
Poids utile	3.750	1.535	13.250
Poids mort. Véhicule	40.867	9.660	19.000
Poids mort. Moteur	29.434	7.390	5.096[1]
	74.051	18.585	37.346
	pour 50 de voyageurs.	pour 1[t].535 d'accessoires.	pour 13[t].250 de marchandises.

1. 158 kil. par 1000 kil. de poids brut remorqué.

Poids total de l'unité.

	VOYAGEURS.	TONNE d'accessoires.	TONNE de marchandises en trains mixtes.
	kg.	kg.	kg.
Poids utile	75	1.000	1.000
Poids mort. Véhicule	811	6.293	1.434
Poids mort. Moteur	589	4.840	383
	1475	12.133	2.817
	soit 19.7 fois le poids utile.	soit 12.1 fois le poids utile.	soit 2.8 fois le poids utile.

[1] La tonne d'accessoires équivaut à 8,2 voyageurs.

Chemin de fer de l'Ouest.

1° ANCIEN RÉSEAU.

Trains de marchandises. — Parcours total : 3,794,699 kilomètres.

COMPOSITION MOYENNE DU TRAIN.	POIDS moyen DU TRAIN.	TONNAGE kilométrique total.
	t.	t.
Poids mort. Machine, 1.226 à 44[t].500	54.557	206.863.723
Poids mort. Wagons, 29.35 à 4.880	143.232	543.092.631
Poids utile. Marchandises	105.610	400.426.886
	303.399	1.150.383.240

Rapport du poids utile au poids total 34.8 %.

Poids total de l'unité marchandises.

Poids utile		1.000kg
Poids mort.	Véhicule	1.356
	Moteur	517
		2.873 , soit 2,9 fois le poids utile.

Trains de voyageurs. — Parcours total : 5,306,740 kilomètres.

COMPOSITION MOYENNE DU TRAIN.		POIDS moyen DU TRAIN.	TONNAGE kilométrique total.
		t.	kg.
Poids mort.	Machine, 1.045 à 37t.7	39.396	209.064.333
	Voitures, 6.33 à 5.569	35.252	187.073.198
	Fourgon de service, 1 à 6.255	6.255	33.193.659
	Wagons grande vitesse, 2.71 à 6 195	16.788	89.093.951
	Wagons à marchandises, 1.33 à 4.860	6.475	34.361.181
Poids utile.	Voyageurs, 68.4 à 75kg	5.130	27.223.576
	Accessoires	2.150	11.412.737
	Marchandises en trains mixtes	4.780	25.365.197
		116.226	616.787.832

Poids mort	104t.166	soit 89.6 %
Poids utile	12 .060	soit 10.4 %
	116 .226	

Répartition entre les trois espèces d'unités.

	VOYAGEURS.	ACCESSOIRES.	MARCHANDISES.
	t.	t.	t.
Poids utile	5.130	2.150	4.780
Poids mort. Véhicule	41.507	16.788	6.475
Poids mort. Moteur	26.265	10.666	2.465[1]
	72.902	29.604	13.720
	pour 68.4 voyageurs.	pour 2t.150 d'accessoires.	pour 4t.78 de marchandises.

1. 219 kil. par 1000 kil. de poids brut remorqué.

Poids total de l'unité.

	VOYAGEURS.	TONNE d'accessoires.	TONNE de marchandises en trains mixtes.
	kg.	kg.	kg.
Poids utile	75	1.000	1.000
Poids mort. Véhicule	607	7.809	1.355
Poids mort. Moteur	384	4.960	515
	1066	13.769	2.870
	soit 14,2 fois le poids utile.	soit 13.8 fois le poids utile.	soit 2.9 fois le poids utile.

La tonne d'accessoires équivaut à $\frac{13.769}{1.066} = 12.9$ voyageurs.

2° NOUVEAU RÉSEAU.

Trains de marchandises. — Parcours total : 1,576,093 kilomètres.

COMPOSITION MOYENNE DU TRAIN.	POIDS moyen DU TRAIN.	TONNAGE kilométrique total.
	t.	t.
Poids mort. Machine, 1.100 à 44t.500	48.950	77.146.815
Poids mort. Wagons, 27.68 à 4t.86	135.080	212.890.538
Poids utile. Marchandises	95.389	150.336.584
	279.419	440.373.937

Poids mort..... 184t,030 soit 66 %
Poids utile..... 95,389 soit 34 %
279.419

Poids total de l'unité.

Poids utile..... 1.000kg
Poids mort. Véhicule..... 1.446
Poids mort. Moteur..... 513
2.929, soit 2,9 fois le poids utile.

Trains de voyageurs et mixtes. — **Parcours total : 3,861,737 kilomètres.**

COMPOSITION MOYENNE DU TRAIN.		POIDS moyen DU TRAIN.	TONNAGE kilométrique total.
		t.	t.k.
Poids mort.	Machine, 1.92 à 37t,700	38.444	148.499.235
	Voitures, 5.33 à 5.533	29.491	113.886.486
	Fourgon, 1 à 6t	6.000	23.170.422
	Wagons grande vitesse, 1.295 à 6.195	8.022	30.978.854
	Wagons à marchandises, 2.137 à 4.80	10.429	40.274.055
Poids utile.	Voyageurs, 45,96 à 75 kil.	3.447	13.311.407
	Accessoires	1.169	4.515.657
	Marchandises en trains mixtes	7.362	28.430.334
		104.374	403.066.450

Poids mort	92t.396	soit 88.5 %
Poids utile	11.978	soit 11.5 %
	104.374	

Répartition entre les trois espèces d'unités.

	VOYAGEURS.	ACCESSOIRES.	MARCHANDISES.
	t.	t.	t.
Poids utile	3.447	1.169	7.570
Poids mort. Véhicule	85.491	8.022	10.429
Poids mort. Moteur	28.002	6.636	3.816[1]
	66.940	15.827	21,815
	pour 45.96 voyageurs.	pour 1t.169 d'accessoires.	pour 7t.362 de marchandises.

1, 816 kil. par tonne de poids brut remorqué.

Poids de l'unité.

	VOYAGEURS.	ACCESSOIRES.	MARCHANDISES.
	kg.	kg.	kg.
Poids utile	75	1.000	1.000
Poids mort. Véhicule	772	6.862	1.416
Poids mort. Moteur	609	5.677	518
	1456	13.539	2.934
	soit 19,4 fois le poids utile.	soit 13.5 fois le poids utile.	soit 2,9 fois le poids utile.

La tonne d'accessoires équivaut à $\frac{13.539}{1.456} = 9.3$ voyageurs.

Chemin de fer d'Orléans.

1° ANCIEN RÉSEAU.

Trains de marchandises. — Parcours total : 4,876,659 kilomètres.

COMPOSITION MOYENNE DU TRAIN.		POIDS moyen DU TRAIN.	TONNAGE kilométrique total.
		t.	t.
Poids mort.	Machine, 1.196 à 47t.	56.212	274.126.756
	Wagons, 39.65 à 5	193.250	966.797.647
Poids utile.	Marchandises	143.542	700.008.935
		398.004	1.940.933.338

Rapport du poids utile au poids total 36 %.

Poids total de l'unité.

Poids utile		1.000kg
Poids mort.	Véhicule	1.381
	Moteur	392
		2.773 , soit 2,8 fois le poids utile.

Trains de voyageurs et mixtes. — Parcours total : 8,986,448 kilomètres.

COMPOSITION MOYENNE DU TRAIN.		POIDS moyen DU TRAIN.	TONNAGE kilométrique total.
		t.	t.
Poids mort.	Machine, 1.019 à 42t.	42.798	384.602.002
	Voitures, 5.96 à 5.600	33.376	299.931.688
	Fourgon de service, 1 à 6.000	6.000	53.918.688
	Wagons grande vitesse, 1.68 à 6.500	10.920	98.132.012
	Wagons à marchandises, 2.27 à 5	11.350	101.996.185
Poids utile.	Voyageurs, 52 à 75 kil.	3.900	35.047.147
	Accessoires	2.280	20.494.490
	Marchandises en trains mixtes	8.261	74.138.489
		118.885	1.068.260.701

Poids utile	14t.441	soit 12 %
Poids mort	104 .444	soit 88 %
	118 .885	

Répartition entre les trois espèces d'unités.

	VOYAGEURS.	ACCESSOIRES.	MARCHANDISES.
	t.	t.	t.
Poids utile	8.900	2.280	8.261
Poids mort. Véhicule	39.376	10.920	11.350
Poids mort. Moteur	30.300	9 262	3.236[1]
	73.576	22.462	22.847
	pour 52 voyageurs.	pour 2t.28 d'accessoires.	pour 8t.26 de marchandises.

1. 165 kil. par tonne brute remorquée.

Poids de l'unité.

	VOYAGEURS.	ACCESSOIRES.	MARCHANDISES.
	kg.	kg.	kg.
Poids utile	75	1.000	1.000
Poids mort. Véhicule	757	4.789	1.374
Poids mort. Moteur	583	4.062	392
	1415	9.851	2.766
	soit 19 fois le poids utile.	soit 9.9 fois le poids utile.	soit 28 fois le poids utile.

La tonne d'accessoires équivaut à 7 voyageurs.

2° NOUVEAU RÉSEAU.

Transport de marchandises. — Parcours total : 1,811,402 kilomètres.

COMPOSITION MOYENNE DU TRAIN.	POIDS moyen DU TRAIN.	TONNAGE kilométrique total.
	t.	t.k.
Poids mort. Machine, 1.09 à 47t	51.230	92.798.124
Poids mort. Wagons, 28 à 5	140.000	253.596.280
Poids utile. Marchandises	115.730	209.627.920
	306.960	556.022.324

Rapport du poids utile au poids total 38.8 %.

Poids de l'unité.

Poids utile	1.000kg
Poids mort. Véhicule	1.210
Poids mort. Moteur	443
	2.653 , soit 2,65 fois le poids utile.

Trains de voyageurs et mixtes. — Parcours total : 3,906,435 kilomètres.

COMPOSITION MOYENNE DU TRAIN.		POIDS moyen DU TRAIN.	TONNAGE kilométrique total.
		t.	kil.
Poids mort.	Machine, 1m.048 à 42t.	44.016	171.945.643
	Voitures, 5.2 à 5.6	29.120	113.755.387
	Fourgon de service, 1 à 6	6.010	23.438.610
	Wagons de grande vitesse, 0.74 à 6.5	4.810	18.789.952
	Wagons à marchandises, 4.676 à 5	23.380	91.332.450
Poids utile.	Voyageurs, 33.8 à 75 kil.	2.535	9.902.813
	Accessoires grande vitesse	0.790	3.080.898
	Marchandises trains mixtes	19.380	75 708.436
		130.031	507.964.189

Poids mort..... 107t.326 soit 84.2 %
Poids utile..... 22.705 soit 15.8 %
130 .031

Répartition entre les trois espèces d'unités.

		VOYAGEURS.	ACCESSOIRES.	MARCHANDISES.
		t.	t.	t.
Poids utile		2.535	0.790	19.380
Poids mort.	Véhicule	35.120	4.810	23 380
	Moteur	30.866	4.590	8.550[1]
		68.521	10.190	50.310
		pour 33.8 voyageurs.	pour 0t.79 d'accessoires.	pour 19t.38 de marchandises.

1. 240 kil. par tonne brute de poids remorqué.

Poids de l'unité.

		VOYAGEURS.	TONNE d'accessoires.	TONNE de marchandises en trains mixtes.
		kg.	kg.	kg.
Poids utile		75	1.000	1.000
Poids mort.	Véhicule	1.039	6.076	1.206
	Moteur	913	5.810	441
		2.027	12.886	2.647
		soit 27 fois le poids utile.	soit 12.9 fois le poids utile.	soit 2.65 fois le poids utile.

La tonne d'accessoires équivaut à 6.35 voyageurs.

Chemin de fer du Midi.

1° ANCIEN RÉSEAU.

Trains de marchandises. — Parcours total : 2,359,648 kilomètres.

COMPOSITION MOYENNE DU TRAIN.		POIDS moyen DU TRAIN.	TONNAGE kilométrique total.
		t.	t.k.
Poids mort.	Machine, 1.24 à 47t.	58.280	137.520.029
	Wagons, 33.32 à 5.	166.600	393.117.357
Poids utile.	Marchandises.	142.220	335.989 139
		367.100	866.626.525
Rapport du poids utile au poids total 39 %.			

Poids de l'unité.

Poids utile.		1.000kg
Poids mort.	Wagons.	1.171
	Machine.	410
		2.581 , soit 2,6 fois le poids utile.

Trains de voyageurs et mixtes. — Parcours total : 2,613,365 kilomètres.

COMPOSITION MOYENNE DU TRAIN.		POIDS moyen DU TRAIN.	TONNAGE kilométrique total.
		t.	t.k.
Poids mort.	Machine, 1.03 à 37t.	39.960	104.430.065
	Voitures, 6.17 à 6 240.	40.373	105.509.385
	Fourgon de service, 1 à 5.900.	5.900	15.418.853
	Wagons grande vitesse, 2.34 à 6.040.	14.134	36.937.301
	Wagons à marchandises, 2.1 à 5.	10.500	27.440.033
Poids utile.	Voyageurs, 72.2 à 75 kil.	5.415	14.151.371
	Accessoires.	2.118	5.534.252
	Marchandises en trains mixtes.	8.959	23.414.136
		127.359	332.835.396

Poids mort.	110t.867	soit 87 %
Poids utile.	16 .492	soit 13 %
	127 .359	

Répartition entre les trois espèces d'unités.

	VOYAGEURS.	ACCESSOIRES.	MARCHANDISES.
	t.	t.	t.
Poids utile.	5.415	2.118	8.959
Poids mort. { Véhicule.	46.273	14.134	10.500
Moteur.	27.603[1]	8.679	3.678[1]
	79.291	24.931	23.137
	pour 72.2 voyageurs.	pour 2[t].118 d'accessoires.	pour 8[t].959 de marchandises.

1. 189 kil. par tonne brute remorquée.

Poids de l'unité.

	VOYAGEURS.	TONNE d'accessoires.	TONNE de marchandises.
	kg.	kg.	kg.
Poids utile.....	75	1.000	1.000
Poids mort. { Véhicule.	641	6.673	1.172
Moteur.....	382	4.098	410
	1098	11.771	2.582
	soit 14.6 fois le poids utile.	soit 11.8 fois le poids utile.	soit 2.6 fois le poids utile.

La tonne d'accessoires équivaut en poids total à 10.7 voyageurs.

2e NOUVEAU RÉSEAU.

Trains de marchandises. — Parcours total : 739,883 kilomètres.

COMPOSITION MOYENNE DU TRAIN.	POIDS moyen DU TRAIN.	TONNAGE kilométrique total.
	t.	t.
Poids mort. { Machine, 1.24 à 47[t].....	58.280	43.120.381
Wagons, 14.22 à 5.	71.100	52.603.681
Poids utile. Marchandises.	60.680	44.896.100
	190.060	140.622.162

Rapport du poids utile au poids total 31.8 %.

Poids de l'unité.

Poids utile.		1.000[kg]
Poids mort. {	Véhicule.....	1.171
	Moteur.....	960
		3.131 , soit 3,1 fois le poids utile.

Trains de voyageurs et mixtes. — Parcours total : 2,074,087 kilomètres.

COMPOSITION MOYENNE DU TRAIN.		POIDS moyen DU TRAIN.	TONNAGE kilométrique total.
		t.	t.k.
Poids mort.	Machine, 1.08 à 37t.	39.960	82.879.816
	Voitures, 4.343 à 6.24.	27.100	59.207.758
	Fourgon de service, 1 à 5.90.	5.900	12.237.113
	Wagons grande vitesse, 0.86 à 6.04.	5.194	10.772.808
	Wagons à marchandises, 2.22 à 5.	11.100	23.022.366
Poids utile.	Voyageurs, 48.5 à 75 kil.[1]	3.637.5	7.556.591
	Accessoires.	0.776	1.609.193
	Marchandises.	9.476	19.643.718
		103.143	213.929.363

Poids mort..... 89t.254 soit 00.0 %
Poids utile..... 13.889 soit 00.0 %
103.143

Répartition entre les trois espèces d'unités.

	VOYAGEURS.	ACCESSOIRES.	MARCHANDISES.
	t.	t.	t.
Poids utile.	3.637	0.776	9.476
Poids mort. Véhicule.	33.000	5.194	11.100
Poids mort. Moteur.	26.505	4.319	9.136[1]
	63.142	10.289	29.712
	pour 48.5 voyageurs.	pour 0t.776 d'accessoires.	pour 9t.476 de marchandises.

1. 444 kil. par tonne brute remorquée.

Poids par unité.

	VOYAGEURS.	TONNE d'accessoires.	TONNE de marchandises.
	kg.	kg.	kg.
Poids utile.	75	1.000	1.000
Poids mort. Véhicule.	680	6.693	1.171
Poids mort. Moteur.	546	5.565	964
	1301	13.258	3.135
	soit 17.3 fois le poids utile.	soit 13.3 fois le poids utile.	soit 3.1 fois le poids utile.

La tonne d'accessoires équivaut à 10.2 voyageurs.

Service de Banlieue.

1° Chemin de fer de Vincennes.

Transport des voyageurs. — Parcours des trains : 317,180 kilomètres.

COMPOSITION MOYENNE DU TRAIN.		POIDS moyen DU TRAIN.	TONNAGE kilométrique total.
		t.	t.
Poids mort.	Machine, 1.06 à 42t.5	45.050	12.888.959
	Voitures, 11.98 à 7.277	87.178	27.651.118
	Fourgon de service, 1 à 4.740	4.740	1.503.433
	Wagons grande vitesse, 0.927 à 5.600	5.191	1.646.481
Poids utile.	Voyageurs, 134.9 à 75 kil.	10.117	3.208.910
	Accessoires	0.612	194.047
		152.888	47.092.948

Poids mort	142.159	soit 93 %
Poids utile	10.729	soit 7 %
	152.888	

Répartition entre les deux espèces d'unités.

		VOYAGEURS.	ACCESSOIRES.
		t.	t.
Poids utile		10.117	0.612
Poids mort.	Véhicule	91.918	5.191
	Moteur	42.626	2 424
		144.661	8.227
		pour 134.9 voyageurs.	pour 0t.612 d'accessoires.

Poids de l'unité.

		VOYAGEURS.	ACCESSOIRES.
		kg.	kg.
Poids utile		75	1.000
Poids mort.	Véhicule	681	8.482
	Moteur	316	3.961
		1072	13.443
		soit 14.3 fois le poids utile.	soit 13.4 fois le poids utile.

La tonne d'accessoires équivaut à 12.5 voyageurs.

Marchandises. — Parcours des trains : 3,331 kilomètres.

Tonnage kilométrique total :

Machine,	1,26 × 3331 × 46.4	194.741 t.-k.
Wagons,	$\frac{282.521}{3.54}$ × 4.54	298.205
Marchandises,		232.521
		725.467

2° Banlieue de l'Ouest (ancien réseau).

Parcours total des trains : 1,275,890 kilomètres.

COMPOSITION MOYENNE DU TRAIN.		POIDS moyen DU TRAIN.	TONNAGE kilométrique total.
		t.	t.k.
Poids mort.	Machine, 1.07 à 38.6 t.	41.300	52.694.257
	Voitures, 12.512 à 6.2	78.826	100.573.305
	Fourgon de service, 1 à 6.255	6.255	7.980.692
	Wagons grande vitesse, 0.4 à 6.195	2.478	3.161.655
	Wagons à marchandises, 9.7 à 4.860	3.402	4.340.578
Poids utile.	Voyageurs, 130.5 à 75 kil.	9.787.5	12.487.763
	Accessoires	0.348	444.415
	Marchandises	2.512	3.204.683
		144.908	184.887.348

Poids mort	132.261	soit 00 %
Poids utile	12.647	soit 00 %
	144.908	

Répartition entre les trois espèces d'unités.

	VOYAGEURS.	ACCESSOIRES.	MARCHANDISES.
	t.	t.	t.
Poids utile	9.785.5	0.348	2.512
Poids mort. Véhicule	85.081	2.478	3.402
Poids mort. Machine	38.844	1.169	1.995 [1]
	133.712	3.995	7.909
	pour 103.5 voyageurs.	pour 0t.348 d'accessoires.	pour 2t.512 de marchandises.

1. 219 kil. par tonne brute remorquée.

Poids de l'unité.

	VOYAGEURS.	TONNE d'accessoires.	TONNE de marchandises.
	kg.	kg.	kg.
Poids utile	75	1.000	1.000
Poids mort. Véhicule	652	7.121	1.354
Poids mort. Moteur	298	3.359	516
	1.025	11.480	2.870
	soit 13.7 fois le poids utile.	soit 11.5 fois le poids utile.	soit 2.9 fois le poids utile.

La tonne d'accessoires équivaut à 11.2 voyageurs.

La banlieue de l'Ouest, nouveau réseau, fournit un tonnage kilométrique total de 17,609,628 t.k. avec un parcours de trains de 135,644 kilomètres.

Récapitulation.

1° Marchandises à petite vitesse.

ANCIENS RÉSEAUX.

Parcours total des trains : 35,962,827 kilomètres.

COMPOSITION MOYENNE DU TRAIN.	TONNAGE kilométrique total.	TRAIN moyen.
	t.k.	t.
Poids mort. Machine	1.995.903.899	55.480
Poids mort. Wagons	6.306.836.970	175.370
Poids utile. Marchandises	4.821.999.204	134.080
	13.124.740.073	364.930

Rapport du poids utile au poids total : 36.7 %.

Poids moyen de l'unité, tonne de marchandises.

Poids utile	1.000kg
Poids mort. Véhicule	1.308
Poids mort. Moteur	414
	2.722 , soit 2,7 fois le poids utile

Le poids moteur représente $\frac{414}{2.722} = 179^{kg}$ par tonne brute remorquée

NOUVEAUX RÉSEAUX.

Parcours total des trains : 12,393,368 kilomètres.

COMPOSITION MOYENNE DU TRAIN.		TONNAGE kilométrique total.	TRAIN moyen.
		t.k.	t.
Poids mort.	Machine.....	672.711.173	54.280
	Wagons.....	1.773.791.184	143.124
Poids utile.	Marchandises.....	1.348.367.840	108.798
		3.794.874.197	306.202

Rapport du poids utile au poids total : 35.5 °/₀.

Poids de l'unité, tonne de marchandises.

Poids utile.....		1.000kg
Poids mort.	Véhicule.....	1.316
	Moteur.....	495
		2.811 , soit 2,8 fois le poids utile.

Le poids moteur représente $\frac{495}{2.316} = 214^{kg}$ par tonne brute remorquée.

Réseaux réunis.

(Y compris les trains de marchandises de la ligne de Vincennes.)

Parcours total des trains..... 48,359,526 kilomètres.
Tonnage kilométrique total..... 16,920,339,837t.k.
Poids du train moyen..... 349t,886,

dont 127t,598 pour le poids utile de marchandises. — Rapport du poids utile au poids total 36,5 °/₀.

Poids moyen de l'unité, tonne de marchandises.

Poids utile.....		1.000kg
Poids mort.	Véhicule.....	1.310
	Moteur.....	432
		2.742 , soit 2,7 fois le poids utile.

Poids moteur : 187 kil. par tonne brute remorquée.

2° Trains de voyageurs et mixtes.

ANCIENS RÉSEAUX.

Parcours total : 40,556,038 kilomètres.

COMPOSITION MOYENNE DU TRAIN.		TONNAGE kilométrique total.	TRAIN moyen.
		t.k.	t.
Poids mort.	Machine	1.701.124.629	41.945
	Voitures	1.671.720.415	41.220
	Fourgons de service	263.884.858	6.507
	Wagons grande vitesse	623.549.476	15.375
	Wagons à marchandises	289.339.630	7.134
Poids utile.	Voyageurs	196.317.413	4.841
	Accessoires	105.321.467	1.597
	Marchandises	213.109.302	5.267
		5.064.867.170	124.886

Poids mort	112.181	soit 90 %
Poids utile	12.705	soit 10 %
	124.886	

Répartition entre les trois espèces d'unités.

	VOYAGEURS.	ACCESSOIRES.	MARCHANDISES.
	t.	t.	t.
Poids utile	4.841	2.597	5.267
Poids mort. Véhicule	47.727	15.375	7.134
Poids mort. Moteur	30.468	9.257	2.220
	83.036	27.230	14.621
	pour 64.6 voyageurs.	pour 2t.597 d'accessoires.	pour 5t.267 de marchandises.

Poids par unité.

	VOYAGEUR.	TONNE d'accessoires.	TONNE de marchandises.
	kg.	kg.	kg.
Poids utile	75	1.000	1.000
Poids mort. Véhicule	739	5.920	1.354
Poids mort. Moteur	472	3.564	421
	1.286	10.484	2.775
	soit 17 fois le poids utile.	soit 10.5 fois le poids utile.	soit 2.8 fois le poids utile.

La tonne d'accessoires équivaut à 8 voyageurs.

NOUVEAUX RÉSEAUX.

Parcours total des trains : 22,423,394 kilomètres.

COMPOSITION MOYENNE DU TRAIN.		TONNAGE kilométrique total.	TRAIN moyen.
		t.k.	t.
Poids mort.	Machine	940.556.917	41.945
	Voitures	718.419.232	32.039
	Fourgons de service	139.844 600	6.237
	Wagons grande vitesse	183.424.596	8.180
	Wagons à marchandises	275.504.528	12.287
Poids utile.	Voyageurs	73 559.370	3.280
	Accessoires	23.823.585	1.151
	Marchandises en trains mixtes	210.434.344	9.384
		2.567.567.172	114.503

Poids mort	100.688	soit 88 %
Poids utile	13,815	soit 12 %
	114.503	

Répartition entre les trois espèces d'unités.

		VOYAGEURS.	ACCESSOIRES.	MARCHANDISES.
		t.	t.	t.
Poids utile		3.280	1.151	9.384
Poids mort.	Véhicule	38.276	8.181	12.287
	Moteur	30.465	6.962	4.628
		72.021	16.294	26.309
		pour 43.7 voyageurs.	pour 1t.151 d'accessoires.	pour 9t.384 de marchandises.

Poids de l'unité.

		VOYAGEUR.	TONNE d'accessoires.	TONNE de marchandises en trains mixtes.
		kg.	kg.	kg.
Poids utile		75	1.000	1.000
Poids mort.	Véhicule	876	7.109	1.309
	Moteur	697	6.049	491
		1.648	14.158	2.803
		soit 22 fois le poids utile.	soit 14 fois le poids utile.	soit 2.8 fois le poids utile.

La tonne d'accessoires équivaut à 8.5 voyageurs.

Réseaux réunis.

(Y compris les services de Banlieue.)

Parcours total des trains. . . . . 65,708,146 kilomètres.
Tonnage kilométrique total. . . . . 7,882,024,266$^{t.k.}$
Poids du train moyen. . . . . 121^{t},809.

Le train moyen est ainsi composé :

Poids mort.	Machine.	41^{t}.923	108^{t}.728	soit 89.3 %.
	Voitures et fourgon de service. . .	45^{t}.429		
	Wagons grande vitesse.	12^{t}.553		
	Wagons à marchandises.	8^{t}.823		
Poids utile.	Voyageurs, 59^{v}.	4^{t}.427	13^{t}.081	soit 10.7 %.
	Accessoires.	2^{t}.037		
	Marchandises en trains mixtes. . .	6^{t}.617		

Poids de l'unité.

	VOYAGEUR.	TONNE d'accessoires.	TONNE de marchandises en trains mixtes.
	kg.	kg.	kg.
Poids utile.	75	1.000	1.000
Poids mort. Véhicule.	770	6.162	1.333
Poids mort. Moteur.	512	4.338	436
	1.357	11.500	2.769
	soit 18 fois le poids utile.	soit 11.5 fois le poids utile.	soit 2.8 fois le poids utile.

La tonne d'accessoires équivaut en poids total à 8.5 voyageurs.

3° Trains de toutes sortes.

Parcours total des trains. . . . . 113,067,672 kilomètres.
Tonnage kilométrique total. . . . . 24,802,364,000$^{t.k.}$

ainsi décomposé :

Tonnage kilométrique des machines. .	5.381.550.000	soit 72 %.
— des véhicules. . .	12.403.663.000	
— de poids utile. .	7.017.151.000	soit 28 %.

Poids du train moyen. . . . . 219^{t},360

En résumé, sur l'ensemble de nos six grandes lignes :

on effectue *chaque jour* le transport de. 19.225.000 tonnes utiles
à un kilomètre, exigeant celui de..... 33.983.000 tonnes de véhicules divers,
et celui de..... 14.744.000 tonnes de machines et tenders.

soit en tout..... 67.952.000 tonnes à un kilomètre,

représentant 3.53 fois le poids utile.

Les deux tableaux suivants résument ces longs calculs en ce qui concerne le poids des trains et le poids total de chaque espèce d'unité.

I. — *Poids moyen de chaque sorte de trains.*

	DÉSIGNATION DES LIGNES.	Trains de voyageurs et mixtes.			Trains de marchandises.		
		Poids mort.	Poids utile.	Poids total.	Poids mort.	Poids utile.	Poids total.
		t.	t.	t.	t.	t.	t.
Ancien réseau.	Nord.....	122.6	8.1	130.7	173.7	102.0	275.7
	Est.....	108.2	7.5	115.7	209.7	116.1	325.7
	Lyon.....	118.2	15.9	134.1	289.1	172.9	462.8
	Ouest.....	104.1	12.1	116.2	197.2	105.6	303.4
	Orléans.....	104.4	14.4	118.9	254.9	143.5	398.0
	Midi.....	110.9	16.5	127.4	224.4	142.2	367.1
	Ensemble des anciens réseaux.....	112.2	12.7	124.9	235.8	134.1	364.9
Nouveau réseau	Nord.....	86.7	3.9	90.8	133.4	70.1	203.5
	Est.....	100.6	7.8	108.4	91.2	106.6	297.8
	Lyon.....	111.5	18.5	130.0	250.7	138.1	388.7
	Ouest.....	92.4	12.0	104.4	184.0	95.4	279.4
	Orléans.....	107.3	22.7	130.0	191.3	115.7	307.0
	Midi.....	89.2	13.9	103.1	129.4	60.7	190.1
	Ensemble des nouveaux réseaux....	100.7	13.8	114.5	197.4	108.8	306.2
Banlieue	Vincennes.....	142.2	10.7	152.9	»	»	»
	Banlieue-Ouest..	132.3	12.6	144.9	»	»	»
	Réseaux réunis..	108.7	13.1	121.8	222.3	127.6	349.9

II. — *Poids total de chaque espèce d'unité.*

	DÉSIGNATION DES LIGNES.	VOYAGEUR.	TONNE de marchandises de la grande vitesse.	TONNE d'accessoires à petite vitesse.
		kg.	kg.	kg.
Ancien réseau.	Nord	1.374	12.429	3.101
	Est	1.334	15.182	2.807
	Lyon	1.255	8.374	2.673
	Ouest	1.066	13.769	2.873
	Orléans	1.415	9.851	2.773
	Midi	1.098	11.771	2.581
Ensemble de l'ancien réseau		1.286	10.484	2.722
Nouveau réseau	Nord	1.890	16.738	2.883
	Est	1.831	16.050	2.793
	Lyon	1.475	12.133	2.820
	Ouest	1.455	13.589	2.929
	Orléans	1.027	13.886	2.653
	Midi	1.301	13.258	3.131
Ensemble du nouveau réseau		1.648	14.758	2.811
Banlieue	Vincennes	1.072	13.443	»
	Ouest-banlieue	1.025	11.480	»
Réseaux réunis		1.357	11.500	2.742

Le poids total de l'unité voyageur se décompose de la manière suivante :

Poids utile du voyageur	75^{kg}
Poids de la voiture, par voyageur	V_n
Poids du fourgon de service, par voyageur	F

Poids du moteur : Machine, tender et approvisionnements. M étant le poids total de la machine, P celui du train remorqué, $\frac{M}{P}$ est le poids de moteur afférent à chaque tonne brute remorquée et $(75^k + V_n + F)\frac{M}{P}$ celui à faire supporter à chaque voyageur, dont le poids total peut alors être mis sous la forme :

$$(75^k + V_n + F)\left(1 + \frac{P}{M}\right).$$

Les poids notés au tableau ci-dessus correspondent au voyageur moyen, et si on veut connaître le poids du voyageur de chaque classe; il faut substituer dans la formule précédente à la valeur moyenne V_n celles V_1, V_2, V_3, poids de voiture de première, de deuxième et de troisième classe par voyageur-kilomètre, poids indiqués au paragraphe IV.

On trouve ainsi les poids suivants :

	DÉSIGNATION DES LIGNES.	1re CLASSE.	2e CLASSE.	3e CLASSE.	MOYENNE.
		kg.	kg.	kg.	kg.
Ancien réseau	Nord	2.235	1.661	985	1.374
	Est	2.003	1.468	1.093	1.384
	Lyon	1.858	1.288	1.036	1.255
	Ouest	1.720	1.350	740	1.066
	Orléans	1.948	2.274	1.039	1.415
	Midi	2.631	1.754	805	1.098
Ensemble. Ancien réseau		1.944	1.578	982	1.286
Nouveau réseau	Nord	2.983	2.254	1.396	1.890
	Est	2.787	2.039	1.617	1.831
	Lyon	2.186	1.531	1.240	1.475
	Ouest	2.443	1.913	1.057	1.456
	Orléans	4.655	3.227	1.452	2.027
	Midi	2.352	2.040	973	1.301
Ensemble. Nouveau réseau		2.771	2.062	1.316	1.648
Banlieue	Vincennes	1.323	949	1.106	1.072
	Banlieue-Ouest	1.611	646	626	1.025
Réseaux réunis		2.042	1.541	1.082	1.357

La valeur de $\frac{P}{M}$, c'est-à-dire le poids moteur employé dans les trains de grande et de moyenne vitesse pour remorquer une tonne de poids brut : poids utile et véhicule, varie sur l'ancien réseau de 479 à 700 kil., moyenne 580 kil. ; sur les nouveaux réseaux, de 668 à 877 kil., moyenne 733 kil. La moyenne générale est de 606 kil.

Le poids total de l'unité marchandises, à petite vitesse, se décompose ainsi :

Poids utile de la tonne marchandises	1.000kg
Poids du wagon, par tonne de marchandises	W
Poids du moteur, par tonne remorquée	$\frac{P}{M}$.

Il peut donc être ainsi représenté :

$$(1\,000 + W)\left(1 + \frac{P}{M}\right).$$

La valeur de $\frac{P}{M}$ varie, sur l'ancien réseau, de 128 à 257 kil., en moyenne 179 kil.; sur le nouveau réseau de 155 à 444 kil., en moyenne 214 kil. La moyenne générale est de 187 kil. par tonne remorquée.

La valeur minima est celle du chemin de fer de Lyon, sur lequel on trouve les poids moyens des trains de marchandises les plus élevés.

Le poids de wagon par tonne utile : W est une moyenne peu différente d'une Compagnie à l'autre, mais sur la même ligne, comme nous l'avons vu, il est très-variable avec la nature des marchandises et les conditions d'exploitation. L'action de ces variations sur le poids total de l'unité, se mesurera facilement en appliquant dans la formule ci-dessus, la valeur de W correspondant à chaque cas particulier.

Si, par exemple, on considère sur l'ensemble de l'ancien réseau, des marchandises transportées par wagons complets, avec retour dans les mêmes conditions, on trouvera W égal à 500 kil. par tonne (wagons pesant 5000 kil. et chargés de 10 tonnes), d'où le poids de l'unité :

$$(1000 + 500)\ 1.179 = 1768 \text{ kil.}$$

Si le transport de ces mêmes marchandises par wagons complets entraînait le retour à vide du wagon, on aurait :

$$(1000 + 1000)\ 1.179 = 2358 \text{ kil.}$$

Dans les conditions moyennes, on trouve 2722 kil.

Enfin, si on transporte des marchandises, plus ou moins encombrantes et spéciales, à raison de 3000 kil. par exemple, par wagon, avec retour à vide, le poids de l'unité atteindra :

$$\left(1000 + \frac{10000}{3^{t}.000}\right)\ 1.179 = 5109 \text{ kil.}$$

Si ces mêmes transports étaient effectués sur l'ensemble du nouveau réseau sur lequel $\frac{P}{M} = 0.214$, ces poids deviendraient respectivement 1821, 2428, 2811 et 5260 kil.

Le plus faible poids total d'unité obtenu dans les conditions pratiques actuelles est celui correspondant à des marchandises transportées, aller et retour, par wagons complets, sur l'ancien réseau du chemin de Lyon, où il est égal à :

$$(1000 + 500)\ 1,128 = 1692 \text{ kil.}$$

Ces intéressants rapprochements pourraient être multipliés davantage, mais nous pensons que la forme sous laquelle nous avons successivement présenté les éléments et l'ensemble du poids mort les a rendus très-faciles, et qu'on peut, à l'aide des chiffres et des calculs qui précèdent, apprécier à leur juste mesure toutes les influences résultant de la nature des matières transportées, de l'importance du trafic, de la composition des trains, etc.

DEUXIÈME PARTIE.

Prix de revient du transport de chaque espèce d'unité.

§ I. — FORMULE GÉNÉRALE.

Nous nous proposons, dans cette seconde partie de notre étude, de rechercher le prix de revient des transports en France, sur voies ferrées, en tenant compte, autant que possible, des nombreuses circonstances qui influent sur ce prix.

Cette recherche est des plus délicates, à cause du grand nombre de données dont il serait intéressant de faire ressortir l'influence, et à cause aussi du groupement variable des dépenses dans les comptes rendus des Compagnies.

Notre but, dans les formules que nous allons établir, est surtout de présenter les prix de revient sous une forme qui permette de se rendre compte des trois ordres de faits suivants :

1° Sur une ligne donnée et pendant un Exercice, dont les résultats d'ensemble sont connus, évaluer le prix de revient du transport de chaque espèce d'unité : voyageur, marchandises à grande vitesse, marchandises à petite vitesse, en tenant compte de la nature de l'unité, du poids mort, de la vitesse, du poids des trains, etc.

2° Comparer, pendant un Exercice donné, les prix de revient par espèce d'unité, d'une ligne à l'autre, mesurant ainsi l'influence des données spéciales à chaque Compagnie : profil de la ligne, système d'exploitation, importance du trafic, etc.

3° Pour une ligne donnée, comparer les prix de revient des divers exercices, et connaître par les variations de ces prix l'influence des augmentations de trafic, des modifications de tarifs, des changements et des améliorations apportés au système d'exploitation, etc.

Le premier point à fixer est le choix de l'*unité* à laquelle les dépenses devront être rapportées.

L'usage général des comptes rendus des Compagnies est de diviser la totalité des dépenses par le parcours kilométrique total de toutes les sortes de trains. — On a ainsi le coût par *kilomètre de train moyen*. — L'unité est alors le train moyen, parcourant un kilomètre.

Ce mode d'évaluation ne fournirait des chiffres comparatifs que si le *train moyen* avait une composition, un poids et une vitesse de marche, sensiblement les mêmes d'une Compagnie à une autre, et sur une même ligne d'un Exercice à l'autre. Nous avons vu qu'il est loin d'en être ainsi : le *train moyen* n'est pas une quantité toujours semblable à elle-même comme doit l'être l'unité de comparaison.

Il faut même remarquer que, du moins sur nos grandes lignes où le service des voyageurs et celui des marchandises sont effectués par trains séparés, le *train moyen* est chose presque idéale ; c'est comme composition, poids et vitesse, un train dont l'analogue ne se rencontre que sur les lignes exploitées par trains mixtes.

D'ailleurs, le prix, par kilomètre de train moyen, ne permettrait nullement l'étude des trois questions énumérées ci-dessus, et l'influence du *poids mort* ne pourrait y être mesurée.

Nous donnons néanmoins ci-dessous, et à titre de renseignement, la valeur de la dépense par kilomètre de train moyen, telle qu'on l'établit ordinairement.

Nous comprenons, dans les dépenses d'exploitation, celles du renouvellement de la voie et du matériel.

Prix de revient du train kilométrique moyen.

1868.		DÉPENSES D'EXPLOITATION.	PARCOURS des trains de toutes sortes.	DÉPENSE par kilomètre de train moyen.
		fr.	kil.	fr.
Ancien réseau.	Nord	36.022.678	14.827.403	2.429
	Est	28.101.148	11.439.084	2.457
	Lyon	64.241.215	22.317.819	2.878
	Ouest	23.603.493	9.098.439	2.594
	Orléans	37.287.202	13.863.107	2.690
	Midi	12.790.844	4.973.013	2.572
Ensemble de l'ancien réseau...		202.046.580	76.518.865	2.640
Nouveau réseau	Nord	5.389.973	2.620.726	2.057
	Est	26.080.550	10.083.006	2.587
	Lyon	25.183.319	8.143.453	3.092
	Ouest	14.845.143	5.573.414	2.664
	Orléans	15.095.226	5.717.837	2.640
	Midi	8.194.835	2.813.970	2.912
Ensemble du nouveau réseau...		94.789.046	34.952.406	2.712
Banlieue	Vincennes	1.198.764	320.511	3.741
	Banlieue de l'Ouest	4.008.727	1.275.890	3.142
Réseaux réunis		302.043.117	113.067.672	2.671

Si on rapproche des prix ci-dessus les poids moyens correspondants des trains, une partie seulement des variations s'explique par la différence de poids.

En divisant la dépense totale par le nombre total des tonnes de poids quelconque : poids utile, véhicules et machine, à un kilomètre, tonnage kilométrique total, dont les diverses valeurs ont été déterminées au paragraphe IX de la première partie, on aura le coût d'une *tonne kilométrique de poids brut*.

Cette unité serait préférable à la précédente, car elle permettrait de faire ressortir l'influence du poids mort ; mais elle est encore une moyenne quelque peu idéale, car elle suppose l'assimilation de la tonne de *voyageurs et équipage*, transportée à grande vitesse, à la tonne, de *marchandises et équipage*, transportée à petite vitesse. Ces deux quantités représentent une somme différente de travail mécanique, effectuée d'ailleurs dans des conditions différentes, et à laquelle ne peut correspondre une égale dépense.

On ne peut donc admettre l'emploi de cette unité qu'en tenant compte de la vitesse et de la nature de la matière transportée.

Le tableau suivant indique, pour chaque ligne et pour l'ensemble de nos six Compagnies, ce prix par tonne kilométrique brute *moyenne*.

Prix de revient de la tonne kilométrique brute moyenne.

1868.		DÉPENSES D'EXPLOITATION.	TONNAGE KILOMÉTRIQUE total.	DÉPENSE PAR TONNE kilométrique de poids brut.
		fr.	t.k.	fr. c.
Ancien réseau.	Nord	36.022.678	3.145.967.700	0.01145
	Est	28.101.148	2.563.499.250	0.01096
	Lyon	64.241.215	6.504.313.362	0.01988
	Ouest	23.603.493	1.767.171.072	0.01336
	Orléans	37.287.202	3.009.194.039	0.01239
	Midi	12.790.844	1.199.461.921	0.01059
Ensemble de l'ancien réseau...		202.046.580	18.189.607.344	0.01110
Nouveau réseau	Nord	5.389.973	348.192.473	0.01548
	Est	26.080.550	1.889.753.284	0.01380
	Lyon	25.183.319	1.862.513.737	0.01352
	Ouest	14.845.143	861.050.015	0.01724
	Orléans	15.095.226	1.063.986.513	0.01419
	Midi	8.194.835	354.551.525	0.02311
Ensemble du nouveau réseau...		94.789.046	6.380.047.547	0.01485
Banlieue	Vincennes	1.198.764	47.818.415	0.02507
	Banlieue de l'Ouest	4.008.727	184.887.348	0.02168
Réseaux réunis.....		302.043.117	24.802.363.654	0.01218

Examinons d'abord les dépenses d'exploitation d'une manière générale.

Si on connaissait, sur une ligne donnée, pendant un exercice annuel, la décomposition de la dépense en sommes partielles correspondant chacune à une des causes de frais, il serait possible de grouper ces sommes partielles en réunissant celles dont la cause déterminante est la même, et de rapprocher de chacune d'elles l'élément du trafic qui représente cette cause.

On pourrait ramener ces groupes à quatre :

1° Dépenses constantes ou variant avec l'intensité générale du trafic, mais indépendantes de la manière dont ce trafic est effectué : ce sont les frais généraux, l'administration centrale, la statistique, etc., tous frais qui subsisteraient à peu près les mêmes, pour un trafic d'importance connue, quelques variations qui seraient apportées dans le nombre des trains, leur composition, leur vitesse, etc.

Le mode de répartition — conventionnel d'ailleurs — le plus rationnel de cette catégorie de dépenses, consisterait à les rapporter à la recette, ou plus simplement aux nombres d'unités transportées.

2° Dépenses nécessitées par l'organisation et le mouvement des trains : formation des trains, personnel, éclairage, service des gares, etc. Elles peuvent être considérées comme sensiblement proportionnelles aux parcours des trains.

3° Dépenses nécessitées par la traction des trains : frais de traction proprement dite, usure, entretien et réparation du matériel, etc.

Les circonstances qui influent sur ces dépenses sont les poids traînés, les chemins parcourus, la vitesse et le profil de la ligne.

La vitesse et le profil de la ligne ont pour effet de déterminer la valeur de la résistance à la traction.

L'ensemble de ces dépenses est du reste le prix du travail mécanique dépensé pour le transport, travail qui est pour chaque train le produit de l'effort de traction. — Poids du train en tonnes $\times$ la résistance ou l'effort de traction par tonne — par le chemin parcouru.

On pourra donc admettre que les frais de traction sont proportionnels au travail mécanique et par conséquent au produit du tonnage kilométrique par l'effort de traction par tonne.

On voit de suite que c'est sur ce groupe de dépenses qu'on pourra mesurer les effets des différences de vitesse sur le prix de la tonne kilométrique brute; ces différences produisant des variations, à évaluer, dans l'effort de traction par tonne, et par conséquent dans le travail mécanique.

4° Enfin dépenses relatives à l'usure, à la fatigue de la voie, fatigue qui dépend à la fois des poids transportés et des chemins parcourus. On les rapportera donc au tonnage kilométrique brut.

En résumé, nous admettrons que la dépense totale se compose des quatre sommes suivantes :

A,	proportionnelle	au nombre total d'unités kilométriques..	N
B,	—	au parcours des trains.	T
C,	—	au travail mécanique. . . . . (P tonnage kilométrique brut, φ effort moyen de traction par tonne.)	$P \times \varphi$
D,	—	au tonnage kilométrique brut.	P

Si nous posons :

(1) $\frac{A}{N} = a$, dépense par unité kilométrique,

(2) $\frac{B}{T} = b$, dépense par train kilomètre,

(3) $\frac{C}{P} = c$, dépense par tonne kilométrique brute,

(4) $\frac{D}{P} = d$, dépense par tonne kilométrique brute;

et si on considère, sur une ligne donnée, un train pesant tout compris p tonnes, renfermant n unités et marchant à une vitesse telle que l'effort de traction a une valeur de f kilogr. par tonne, le prix de revient du kilomètre de ce train pourra être exprimé par la formule :

$$\text{Prix par train kilomètre} = a.n + b + \frac{cf}{\varphi}.p + d.p. \qquad (5)$$

D'où on déduira :

1° Le prix par tonne kilométrique brute, en divisant par le poids p du train :

$$a.\frac{n}{p} + \frac{b}{p} + \frac{cf}{\varphi} + d. \qquad (6)$$

Et 2° le prix par unité kilomètre, en divisant par le nombre n d'unités kilomètres par train :

$$a. + \frac{b}{n} + \frac{cf}{\varphi}.\frac{p}{n} + d.\frac{p}{n}. \qquad (7)$$

Ces formules, pour une ligne donnée, permettront de déterminer le coût cherché, pour *chaque espèce de trains*, en y substituant les valeurs correspondantes de p, n et f.

Si on considère des lignes différentes, on trouvera par suite des différences de longueur exploitée, de profil, de système d'exploitation, de position géographique, d'importance et de nature du trafic, etc., des valeurs différentes des cinq coefficients a, b, c, d et φ. On aura donc une formule spéciale pour chaque compagnie.

Si on compare, sur la même ligne, plusieurs exercices annuels, on aura également des valeurs différentes des cinq coefficients ci-dessus, qui traduiront les variations, les progrès du trafic et du système d'exploitation, d'une année à l'autre.

Les prix du train kilomètre, de l'unité kilométrique et de la tonne-kilométrique, mis sous cette forme, nous paraissent rendre compte de tous les faits intéressants, résultant des variations qu'on peut apporter dans la composition, le poids et la vitesse des trains, dans la nature et le poids total — poids utile et poids mort — des unités, etc. Ils permet-

tront, en outre, l'examen de divers cas spéciaux : trains de plaisir, trains express, traction sur rampes, etc.

Ces formules seront d'autant plus exactes que les dépenses seront plus détaillées, de manière à ce que, dans le groupement des sommes partielles, on approchera davantage du classement, correspondant d'une manière exacte aux causes déterminantes des frais.

D'un autre côté, nous avons admis que chaque groupe de frais comprenait des dépenses *proportionnelles* aux nombre d'unités, parcours de trains, tonnage, etc., et il y a des réserves importantes à faire à cet égard. On est obligé d'admettre cette proportionnalité, qui d'ailleurs laisse aux résultats leur valeur *comparative*, pour simplifier les calculs, en se conformant du reste à des usages généralement suivis, et aussi parce qu'il ne serait pas possible de recueillir, dans les comptes rendus et les situations financières, les données suffisamment détaillées qui seraient indispensables à une détermination rigoureuse.

En général, les dépenses d'un chapitre quelconque, au lieu d'être considérées comme *proportionnelles* à l'élément de trafic correspondant, sont formées de deux parties, l'une *constante*, l'autre *proportionnelle*, dont la répartition s'effectuera, comme nous l'allons voir.

Prenons par exemple les frais A, comprenant les dépenses indépendantes de la manière dont s'opère la partie active du transport; le mouvement et la traction des trains, et la fatigue de la voie.

Cette somme comprend deux parties, A_1 et A_2 ; l'une nécessitée par la réception et la remise de l'unité transportée et indépendante du parcours de cette unité, les frais de perception par exemple[1], — elle doit donc être répartie par *unité reçue;* l'autre qui est variable avec l'intensité totale du trafic, en tenant compte des parcours de chaque unité, et qui sera alors proportionnelle au nombre d'unités kilométriques.

On a alors, si U est le nombre d'unités reçues, N celui des unités à un kilomètre, l le parcours d'une unité, pour la dépense par unité parcourant l kilomètres :

$$\frac{A_1}{U} + \frac{A_2}{N} \times l;$$

ou, en posant :

$$\frac{A_1}{U} = \alpha \qquad \frac{A_2}{N} = a' \ldots\ \alpha + a' l;$$

de sorte qu'on aura par unité kilomètre :

$$a' + \frac{\alpha}{l}.$$

1. La distribution des billets à chaque voyageur exige les mêmes frais de personnel, d'impression, et de salle d'attente, etc., quelle que soit sa destination, c'est-à-dire son parcours ; — il en est de même pour l'enregistrement, la réception, les lettres d'avis, etc., pour les marchandises de petite vitesse.

quantité décroissant à mesure que la distance à laquelle est transportée l'unité considérée augmentera.

Mais si nous désignons par λ le parcours moyen de l'unité, la dépense par kilomètre antérieurement évaluée, en supposant la proportionalité, est alors exacte; c'est-à-dire qu'on a pour l'unité transportée à la distance moyenne λ:

d'une part : $a.\lambda$,

et de l'autre : $\alpha + a'\lambda$, valeurs égales ;

d'où $a\lambda = \alpha + a'\lambda$,

d'où $$a' = \frac{a\lambda - \alpha}{\lambda} = a - \frac{\alpha}{\lambda};$$

et en substituant cette valeur dans la dépense par unité kilométrique de l'unité, parcourant l kilomètres :

$$\left(a - \frac{\alpha}{\lambda} + \frac{\alpha}{l}\right) = a - \frac{\alpha\,(l - \lambda)}{l\lambda}.$$

C'est la quantité qu'il faudrait substituer à a. On voit que, pour les parcours $l < \lambda$, le second terme est positif, c'est-à-dire que la dépense est plus grande que la dépense moyenne a, et qu'elle est inférieure, pour les parcours plus grands, que le parcours moyen λ.

On aura donc :

par train kilomètre,

au lieu de an : $$\left(a - \frac{\alpha\,(l - \lambda)}{l\lambda}\right) n :$$

par tonne kilométrique brute,

au lieu de $a\,\frac{n}{p}$: $$\left(a - \frac{\alpha\,(l - \lambda)}{l\lambda}\right) \frac{n}{p}.$$

Sous cette forme, on introduirait un élément important du prix de revient, le parcours; mais nous le répétons, les données manquent pour l'évaluation de α.

Par des considérations analogues, on trouverait, pour les dépenses résultant de l'organisation et du mouvement des trains, que L étant le parcours d'un train donné, L_m le parcours moyen des trains, la dépense par kilomètre de train, serait :

au lieu de b, $$b - \frac{\beta\,(L - L_m)}{L\,L_m},$$

β étant le quotient du montant de celles des dépenses à faire pour former les trains, indépendamment du parcours qu'ils auront à effectuer, par le nombre de trains formés.

On trouverait de même pour les deux autres groupes de dépenses, en désignant par k le parcours d'une tonne kilométrique brute, par k_m le parcours moyen, par tonne kilométrique brute :

au lieu de $\frac{c}{\varphi}$ (traction) .... $\left(c - \frac{\gamma\,(k - k_m)}{k\,.\,k_m}\right) . \frac{1}{\varphi}$,

et

au lieu de d (voie) .... $d - \frac{\delta\,(k - k_m)}{k\,.\,k_m}$.

De telle sorte que le prix de revient, par tonne kilomètre brute, deviendrait :

$$\left(a - \frac{\alpha\,(l-\lambda)}{l\lambda}\right)\frac{n}{p} + \frac{1}{p}\left(b - \frac{\beta\,(L - L_m)}{L\,L_m}\right) + \left(c - \frac{\gamma\,(k-k_m)}{k\,k_m}\right)\frac{f}{\varphi} + d - \frac{\delta\,(k-k_m)}{k\,k_m},$$

valeur qui se compose de deux parties, l'une :

$$a\,.\,\frac{n}{p} + \frac{b}{p} + \frac{cf}{\varphi} + d,$$

qui est la valeur moyenne, résultant de l'hypothèse de la proportionnalité, et l'autre :

$$-\left(\frac{\alpha\,(l-\lambda)}{l\lambda}\,.\,\frac{n}{p} + \frac{\beta\,(L - L_m)}{L\,L_m} + \left(\gamma\,\frac{f}{\varphi} + \delta\right)\frac{k - k_m}{k\,k_m}\right),$$

quantité variable avec les valeurs considérées du parcours de l'unité, du train et du poids total (unité et matériel) et leur rapport avec les parcours moyens de ces mêmes unités, trains et poids brut; quantité formée de termes positifs ou négatifs, suivant que les parcours considérés sont supérieurs ou inférieurs aux parcours moyens, nuls lorsqu'il y a égalité.

En résumé, la valeur moyenne que nous avons formulée en supposant la proportionnalité, est exacte pour les unités, trains, etc., parcourant une distance égale aux parcours moyens; elle est supérieure à la valeur exacte pour les parcours plus grands que les parcours moyens, inférieure pour les parcours plus petits que les parcours moyens.

Ne pouvant, avec les renseignements fournis par les documents publiés par les Compagnies, déterminer les nombreux coefficients nécessaires à l'application de la formule complète, nous nous bornons à ces indications générales, dont pourront faire usage les personnes qui posséderaient des renseignements plus détaillés pour l'une des Compagnies,

renseignements permettant l'évaluation des constantes α, β, γ, δ, et les parcours moyens L_m et k_m, et qui pourraient ainsi apprécier l'influence sur le prix de revient du parcours des unités, des trains, etc.; et nous nous en tenons à nos premières formules, exactes pour les circonstances *moyennes* et *comparables* d'ailleurs, ces circonstances moyennes étant peu différentes d'une Compagnie à l'autre.

§ II. — FORMULES SPÉCIALES A CHAQUE COMPAGNIE.

Les dépenses d'exploitations sont indiquées dans les comptes publiés par les Compagnies par sommes partielles, peu nombreuses, résumant en un seul chiffre des frais de plusieurs natures — sauf en ce qui concerne le compte de la traction qui est plus détaillé; — mais elles sont, pour toutes, groupées en quatre chapitres, qui correspondent à peu près aux quatre sommes partielles A, B, C et D, en lesquelles nous avons divisé la dépense totale.

Nous pensons donc qu'on aura une approximation suffisante en admettant :

1° Que les *frais généraux, administration centrale*, etc., sont proportionnels aux nombres d'unités kilométriques;

2° Que les dépenses d'*exploitation proprement dite :* trains, gares et stations, sont proportionnelles aux parcours des trains;

3° Que les frais de *traction et de matériel* sont proportionnels au travail mécanique;

4° Enfin que les dépenses de *voie et renouvellement* sont proportionnelles au tonnage kilométrique brut.

Nous pourrons alors fixer, pour 1868 et pour chaque ligne, les valeurs des coefficients correspondants a, b, c et d.

Il faut bien reconnaître que la composition des quatre chapitres adoptés par toutes les compagnies ne correspond pas d'une manière rigoureuse au groupement que nous avons formé, et qu'il y a dans chacun d'eux des frais qui devraient passer d'un groupe à l'autre[1], mais

1. Les frais de perception et le service commercial, compris à l'exploitation, devraient rentrer dans le premier groupe; certains frais de traction, comme la conduite et le service des dépôts, rentreraient mieux dans le groupe des frais proportionnels aux parcours des trains et indépendants de leur poids, etc., etc.

Il n'est malheureusement pas possible de faire ces rectifications, parce que la subdivision des chapitres n'est pas la même pour toutes les Compagnies, et qu'on ne peut pas fixer pour toutes la valeur particulière de ces dépenses, tantôt isolées, tantôt groupées avec d'autres.

outre que des compensations partielles se produisent, qui atténuent les différences, on a, en adoptant cette classification, l'avantage de posséder des chiffres comparatifs; le groupement, s'il n'est pas rigoureusement exact, est au moins identique pour toutes les Compagnies.

Les tableaux suivants fournissent, pour l'exercice 1868, avec la subdivision en ancien et en nouveau réseau, le calcul des quatre coefficients *cherchés*.

I. — *Frais généraux, administration centrale, etc.* — Valeurs de *a*.

	DÉSIGNATION DES LIGNES.	FRAIS GÉNÉRAUX Administration centrale, etc., etc.	NOMBRE D'UNITÉS[1] à un kilomètre.	DÉPENSE par unité kilométrique. Valeurs de *a*.
		fr.	u k.	fr. c.
Ancien réseau.	Nord	1.601.590	1.429.793.341	0.00112
	Est	1.356.343	1.116.346.323	0.00121.5
	Lyon	4.062.381	3.006.553.909	0.00135
	Ouest	1.258.749	868.643.018	0.00145
	Orléans	1.946.312	1.385.533.754	0.00140
	Midi	1.028.225	586.994.939	0.00178
	Ensemble. Ancien réseau	11.253.600	8.393.865.284	0.00134
Nouveau réseau	Nord	184.312	145.074.424	0.00127
	Est	1.553.846	771.342.256	0.00201
	Lyon	1.459.285	799.964.345	0.00182
	Ouest	875.314	400.724.554	0.00218
	Orléans	1.568.832	439.191.830	0.00357
	Midi	813.628	176.702.676	0.00460
	Ensemble. Nouveau réseau	6.455.217	2.733.000.085	0.00234
Banlieue.	Vincennes	68.887	44.376.977	0.00151
	Banlieue-Ouest	392.167	166.484.892	0.00235
	Réseaux réunis	18.119.871	11.337.727.238	0.00160

1. Le nombre d'unités est obtenu en assimilant le voyageur, la tonne de marchandises et le 1/7 de la tonne d'accessoires à grande vitesse.

II. — *Exploitation proprement dite.* — Valeurs de *b*.

	DÉSIGNATION DES LIGNES.	DÉPENSES d'exploitation proprement dite.	PARCOURS des trains de toutes sortes.	DÉPENSE par kilomètre de train moyen. Valeurs de *b*.
		fr.	kil.	fr.
Ancien réseau.	Nord	12.269.002	14.827.403	0.8274
	Est	9.255.047	11.439.084	0.8091
	Lyon	25.259.724	22.317.819	1.1318
	Ouest	8.789 409	9.098.439	0.9660
	Orléans	10.554.295	13.863.107	0.7613
	Midi	4.667.780	4.973 013	0.9386
	Ensemble. Ancien réseau	70.795 257	76.518.865	0.9252
Nouveau réseau	Nord	1.658.777	2.620.726	0.6329
	Est	8.615.968	10.083.006	0.8545
	Lyon	9.079.265	8.143.453	1.1149
	Ouest	5.150.060	5.573.414	0.9240
	Orléans	3.847.746	5.717.837	0.6721
	Midi	2.714.282	2.813.970	0.9645
	Ensemble. Nouveau réseau	31.066.098	34.952.406	0.8888
Banlieue.	Vincennes	414.686	320.511	1.2938
	Banlieue-Ouest	1.281.579	1.275.890	1.0045
	Réseaux réunis	103.557.620	113.067.672	0.9159

III. — *Matériel et traction.* — Valeurs de *c*.

	DÉSIGNATION DES LIGNES.	FRAIS DE TRACTION matériel, ateliers, etc.	TONNAGE kilométrique brut.	DÉPENSE par tonne kilométrique brute. Valeurs de *c*.
		fr.	t.k.	fr.
Ancien réseau.	Nord	14.506.346	3.145.967.700	0.00461
	Est	9.717.368	2.563.499.250	0.00379
	Lyon	22.909.417	6.504.313.362	0.00352
	Ouest	8.239.568	1.767.171.072	0.00466
	Orléans	13.397.147	3.009.194.039	0.00445
	Midi	4.731.091	1.199.461.921	0.00394
	Ensemble. Ancien réseau	73.500.937	18.189.607.344	0.00404
Nouveau réseau	Nord	2.431.241	348.192.473	0.00698
	Est	9.371.881	1.889.753.284	0.00496
	Lyon	8.366.138	1.862.513.737	0.00449
	Ouest	4.957.487	861.050.015	0.00576
	Orléans	4.638.387	1.063.986.513	0.00436
	Midi	2.714.756	354.551.525	0.00766
	Ensemble. Nouveau réseau	32.479.890	6.380.047.547	0.00509
Banlieue.	Vincennes	431.992	47.818.415	0.00903
	Ouest-banlieue	1.479.832	184.887.348	0.00800
	Réseaux réunis	107.892.651	24.802.363.654	0.00435

IV. — *Entretien, surveillance et renouvellement de la voie.* — Valeurs de *d*.

	DÉSIGNATION DES LIGNES.	DÉPENSES du service de la voie et du renouvellement.	TONNAGE kilométrique brut.	DÉPENSE par tonne kilométrique brute. Valeurs de *d*.
		fr.	t.k.	fr.
Ancien réseau.	Nord.	7.645.739	3.145.967.700	0.00243
	Est.	7.772.390	2.563.499.250	0.00311
	Lyon.	12.009.692	6.504.313.362	0.00185
	Ouest.	5.315.768	1.767.171.072	0.00301
	Orléans.	11.389.448	3.009.194.039	0.00379
	Midi.	2.363.748	1.199.461.921	0.00197
	Ensemble. Ancien réseau...	46.496.785	18.189.607.344	0 00256
Nouveau réseau	Nord.	1.215.643	348.192.473	0.00349
	Est.	6.538.755	1.889.753.284	0.00346
	Lyon.	6.278.630	1.862.513.737	0.00337
	Ouest.	3.862.283	861.050.015	0.00449
	Orléans.	5.040.260	1.063.986.513	0.00474
	Midi.	1.737.572	354.551.525	0.00490
	Ensemble. Nouveau réseau..	24.673.143	6.380.647.547	0.00387
Banlieue.	Vincennes.	283.199	47.818.415	0.00592
	Ouest-banlieue.	855.149	184.887.348	0.00462
	Réseaux réunis.	72.308.276	24.802.363.654	0.00296

La formule, donnant le prix de revient par tonne kilométrique brute, devient alors, pour chaque Compagnie, en l'exprimant en centimes, respectivement :

Ancien Réseau.

Nord. $0{,}112\,\frac{n}{p} + \frac{82{,}74}{p} + 0{,}461\,\frac{f}{\varphi} + 0{,}243$

Est. $0{,}121\,\frac{n}{p} + \frac{80{,}91}{p} + 0{,}379\,\frac{f}{\varphi} + 0{,}311$

Lyon. $0{,}135\,\frac{n}{p} + \frac{113{,}18}{p} + 0{,}352\,\frac{f}{\varphi} + 0{,}185$

Ouest. $0{,}145\,\frac{n}{p} + \frac{96{,}60}{p} + 0{,}466\,\frac{f}{\varphi} + 0{,}301$

Orléans. $0{,}140\,\frac{n}{p} + \frac{76{,}13}{p} + 0{,}445\,\frac{f}{\varphi} + 0{,}379$

Midi. $0{,}178\,\frac{n}{p} + \frac{93{,}86}{p} + 0{,}394\,\frac{f}{\varphi} + 0{,}197$

Moyenne de l'ancien réseau. $0{,}134\,\frac{n}{p} + \frac{92{,}52}{p} + 0{,}404\,\frac{f}{\varphi} + 0{,}256$

Nouveau Réseau.

Nord	$0{,}127\ \frac{n}{p} + \frac{63{,}29}{p} + 0{,}698\ \frac{f}{\varphi} + 0{,}349$	
Est	$0{,}201\ \frac{n}{p} + \frac{85{,}45}{p} + 0{,}496\ \frac{f}{\varphi} + 0{,}346$	
Lyon	$0{,}182\ \frac{n}{p} + \frac{111{,}49}{p} + 0{,}449\ \frac{f}{\varphi} + 0{,}337$	
Ouest	$0{,}218\ \frac{n}{p} + \frac{92{,}40}{p} + 0{,}576\ \frac{f}{\varphi} + 0{,}449$	
Orléans	$0{,}357\ \frac{n}{p} + \frac{67{,}21}{p} + 0{,}436\ \frac{f}{\varphi} + 0{,}474$	
Midi	$0{,}460\ \frac{n}{p} + \frac{96{,}45}{p} + 0{,}766\ \frac{f}{\varphi} + 0{,}490$	
Moyenne du nouveau réseau	$0{,}234\ \frac{n}{p} + \frac{88{,}88}{p} + 0{,}509\ \frac{f}{\varphi} + 0{,}387$	

Service de Banlieue.

Vincennes	$0{,}151\ \frac{n}{p} + \frac{129{,}38}{p} + 0{,}903\ \frac{f}{\varphi} + 0{,}592$
Ouest-banlieue	$0{,}235\ \frac{n}{p} + \frac{100{,}45}{p} + 0{,}800\ \frac{f}{\varphi} + 0{,}462$

Formule moyenne concernant le *Réseau total.*

$$\underbrace{0{,}160\ \frac{n}{p}}_{\text{Administration centrale.}} + \underbrace{\frac{91{,}59}{p}}_{\text{Exploitation.}} + \underbrace{0{,}435\ \frac{f}{\varphi}}_{\text{Traction.}} + \underbrace{0{,}296}_{\text{Voie.}}$$

§ III. — PRIX DE REVIENT DE LA TONNE KILOMÉTRIQUE BRUTE.

Si, dans les formules précédentes, on fait f = l'effort moyen φ et on substitue les valeurs de p et de n, poids et nombre d'unités correspondant au train moyen, on retrouvera le prix de la tonne kilométrique brute moyenne indiqué au tableau de la page 99.

Mais si on tient à séparer les résultats de la grande et de la petite vitesse, à différencier la tonne kilométrique brute transportée, à la vitesse des trains de voyageurs et mixtes de celle transportée à la vitesse des trains de marchandises, il faut substituer à f, p et n, les valeurs correspondant à chacun des deux services.

Nous avons déterminé dans la première partie (paragraphe III) les valeurs du nombre d'unités kilométriques n, et le poids moyen p pour chaque espèce de train; nous croyons utile de les reproduire ici :

DÉSIGNATION DES LIGNES.		Trains de voyageurs et mixtes.		Trains de marchandises.	
		n	p	n	p
		u.k.	t.	t.k.	t.
Ancien réseau.	Nord.	89	130.7	102.01	275.7
	Est.	77.8	115.7	116.06	325.7
	Lyon.	99.5	134.1	172.91	462.3
	Orléans.	88.3	116.2	107.25	303.4
	Ouest.	76.4	118.9	143.54	398.0
	Midi.	96	127.4	142.22	367.1
Ancien réseau...		88.1	124.9	134.10	364.9
Nouveau réseau	Nord.	46.4	90.8	70.09	203.5
	Est.	53.8	108.4	106.62	297.8
	Lyon.	71.7	130.0	141.38	388.7
	Orléans.	63.3	104.4	96.00	279.4
	Ouest.	58.7	130.0	115.70	307.0
	Midi.	63.4	103.1	60.68	190.1
Nouveau réseau..		60.8	114.5	108.80	306.2
Banlieue.	Vincennes.	139.5	152.9	69.8	»
	Ouest-banlieue.	130.35	144.9	»	»
Réseaux réunis.		80.1	121.8	127.6	349.9

Quant aux efforts de traction par tonne brute traînée, nous avons pris pour base de nos appréciations les expériences faites en 1866, au chemin de fer de l'Est[1].

En partant des trois formules qui résument ces expériences :

1. *Trains de marchandises*, vitesse 12 à 32 kilomètres, courbes de grand rayon, palier, beau temps,

$$r = 2.30 + 0.05\ V \qquad (1)$$

2. *Trains de voyageurs et mixtes*, vitesse de 32 à 50 kilomètres,

$$r = 1.80 + 0.08\ V + 0.009\ \frac{SV^2}{P} \qquad (2)$$

3. *Trains rapides*, vitesse de 50 à 65 kilomètres,

$$r = 1.80 + 0.08\ V + 0.006\ \frac{SV^2}{P} \qquad (3)$$

(Ces formules ne concernent que la résistance due aux voitures et aux wagons).

1. Bulletin de la Société des Ingénieurs civils, 1867.

Et en en représentant graphiquement les résultats en prenant pour abcisses les valeurs variables de la vitesse, et portant en ordonnées celles de la résistance à la traction r, correspondantes, on trouve trois arcs de courbe, entre les limites de vitesses pour lesquelles chaque formule est établie. Nous avons remplacé ces trois arcs par une seule courbe *continue* passant par les deux points extrêmes, suivant un tracé intermédiaire qui s'éloigne peu dans chacun des trois cas de la courbe correspondante et réduit à une seule la loi de variation.

Nous avons mesuré les ordonnées de cette courbe, nous les avons augmentées d'environ 10 pour 100, pour tenir compte des courbes, des mauvais temps, etc., et nous y avons ajouté l'excès de résistance provenant de la machine. On sait que celle-ci, considérée comme traînée, présente une résistance supérieure par tonne à celle d'un même poids de véhicules, et qu'il y faut, en outre, ajouter la résistance due aux frottements du mécanisme : cet excédant de résistance doit être réparti en tenant compte du rapport du poids de machine au poids de train remorqué. — Nous avons ainsi obtenu une série de valeurs de l'effort de traction par tonne brute de train — machine comprise — variant avec la vitesse, d'une manière continue et suivant une loi approximative, qui nous paraît suffisamment exacte pour nos calculs. Ces valeurs sont les suivantes :

			kg.
Vitesse de	15 kilomètres.	Effort par tonne, en plaine. .	4.10
—	20	—	4.54
—	25	—	5.10
—	30	—	5.68
—	35	—	6.60
—	40	—	7.65
—	45	—	8.90
—	50	—	10.50
—	55	—	12.00
—	60	—	14.00

Nous admettons que, pour l'ensemble des lignes que comprend chaque Compagnie, les pentes et les rampes se compensent, et que l'effort moyen est celui correspondant au trajet en plaine[1].

La valeur de l'effort moyen φ sera celle correspondant à la vitesse moyenne des trains, vitesse qui, sur chaque ligne, variera avec la proportion et le poids de chaque espèce de trains.

Soit, par exemple, l'ancien réseau d'Orléans, le parcours kilométrique annuel des trains, a été :

1. Quand il n'en sera pas ainsi, l'effet du tracé accidenté se manifestera dans la valeur du coefficient c (matériel et traction).

Trains de voyageurs. . . .	3.553.977$^{kil.}$	(grande vitesse).
Trains mixtes.	5.432.471$^{kil.}$	(moyenne vitesse).
Trains de marchandises. .	4.876.659$^{kil.}$	(petite vitesse).
	13.863.107$^{kil.}$	

Les poids moyens du kilomètre de chacune de ces trois espèces de trains ont été respectivement 104, 131.7 et 398 tonnes.

Nous admettrons que les vitesses moyennes de ces mêmes trains ont été :

Trains de grande vitesse. .	50$^{kil.}$,	vitesse à laquelle correspond un effort de traction de. .	10^{kg}.50
Trains de moyenne vitesse.	35	—	6 .60
Trains de petite vitesse.. .	25	—	5 .10

L'effort moyen φ sera alors égal à la somme des travaux mécaniques divisée par le tonnage kilométrique total.

On aura :

		Travail mécanique en unités dynamiques (1000 kilogrammètres)
Trains de voyageurs....	3.553.977^{k} × 104^{t}.0 × 10^{kg}.50	3.880.942.884
Trains mixtes.....	5.432.471^{k} × 131^{t}.7 × 6^{kg}.60	4.722.011.443
Trains de marchandises.	4.876.659^{k} × 398^{t}.0 × 5^{kg}.10	9.898.642.438
		18.501.597.767

et

$$\varphi = \frac{18.501.597.767}{3.025.990.321} = 6^{kg}.10.$$

La valeur de f correspondant aux trains de marchandises serait de 5^{kg}.10, et celle correspondant à l'ensemble des trains de voyageurs et mixtes de :

$$\frac{8.602.954.327}{1.085.070.039} = 7^{k}.93.$$

Nous devons faire remarquer qu'il n'entre dans nos formules que le rapport $\frac{f}{\varphi}$ (égal ici à $\frac{793}{610}$ pour les trains de voyageurs et mixtes et à $\frac{510}{610}$ pour les trains de marchandises), et que par conséquent les valeurs absolues de f et de φ peuvent n'être point rigoureusement exactes.

C'est par des calculs analogues que nous avons fixé, comme il suit, les valeurs de f et de φ à appliquer dans nos formules.

DÉSIGNATION DES LIGNES.		VALEURS DE f		VALEURS DE $\frac{f}{\varphi}$ — EFFORT MOYEN.
		GRANDE ET MOYENNE VITESSE.	PETITE VITESSE.	
		kg.	k.	kg.
Ancien réseau.	Nord	8.90	5.10	6.12
	Est	8.60	5.10	5.98
	Lyon	8.60	5.10	5.93
	Ouest	9.12	5.10	6.48
	Orléans	7.93	5.10	6.10
	Midi	8.25	5.10	5.97
Ancien réseau		8.16	5.10	6.06
Nouveau réseau	Nord	7.65	5.10	6.20
	Est	7.63	5.10	5.95
	Lyon	7.50	5.10	5.95
	Ouest	7.78	5.10	6.43
	Orléans	7.14	5.10	6.07
	Midi	6.97	5.10	6.23
Nouveau réseau		7.47	5.10	6.07
Banlieue.	Vincennes	7.65	»	7.65 $\frac{f}{\varphi}=1$
	Ouest-banlieue	7.65	»	7.65
Réseaux réunis		7.91	»	6.07

La valeur du rapport $\frac{f}{\varphi}$ varie avec la proportion du tonnage kilométrique brut correspondant à chacun des deux services : grande et petite vitesse.

Pour le service des voyageurs $\frac{f}{\varphi}$ varie de 1.30 à 1.45 sur l'ancien réseau, moyenne : 1.35; et de 1.12 à 1.28 sur le nouveau, moyenne : 1.15. Moyenne générale, 1.30.

Pour le service des marchandises à petite vitesse $\frac{f}{\varphi}$ varie de 0.82 à 0.86, moyenne : 0.84.

Si maintenant nous substituons dans les formules de chaque Compagnie les valeurs correspondantes de p, n et $\frac{f}{\varphi}$, nous arrivons à l'évaluation ci-après du coût de la tonne kilométrique brute à grande et à petite vitesse :

DÉSIGNATION DES LIGNES.	DANS LES TRAINS DE VOYAGEURS ET MIXTES.					DANS LES TRAINS DE PETITE VITESSE.					DANS le TRAIN moyen.
	Administration centrale. $a\frac{n}{p}$	Exploitation $\frac{b}{p}$	Traction $c.\frac{f}{\varphi}$	Voie d	TOTAL.	Administration centrale. $a\frac{n}{p}$	Exploitation $\frac{b}{p}$	Traction $c.\frac{f}{\varphi}$	Voie d	TOTAL.	
	c.	c.	c.	c.	c.	c.	c.	c.	c.	c.	c.
Ancien réseau. Nord	0.076	0.633	0.670	0.243	1.622	0.041	0.300	0.384	0.243	0.968	1.145
Ancien réseau. Est	0.095	0.699	0.545	0.311	1.650	0.043	0.249	0.323	0.311	0.926	1.096
Ancien réseau. Lyon	0.100	0.844	0.510	0.185	1.639	0.050	0.215	0.303	0.185	0.783	0.988
Ancien réseau. Ouest	0.110	0.831	0.656	0.301	1.897	0.051	0.318	0.347	0.301	1.017	1.396
Ancien réseau. Orléans	0.090	0.640	0.579	0.379	1.688	0.050	0.191	0.372	0.379	0.992	1.239
Ancien réseau. Midi	0.134	0.737	0.538	0.197	1.606	0.069	0.256	0.366	0.197	0.888	1.059
Ancien réseau	0.095	0.740	0.514	0.256	1.635	0.049	0.254	0.340	0.256	0.899	1.110
Nouveau réseau. Nord	0.065	0.697	0.861	0.349	1.972	0.044	0.311	0.571	0.349	1.278	1.548
Nouveau réseau. Est	0.100	0.789	0.636	0.346	1.870	0.072	0.287	0.425	0.346	1.130	1.380
Nouveau réseau. Lyon	0.100	0.857	0.566	0.337	1.860	0.066	0.287	0.385	0.337	1.075	1.352
Nouveau réseau. Ouest	0.132	0.885	0.697	0.449	2.163	0.075	0.366	0.457	0.449	1.347	1.724
Nouveau réseau. Orléans	0.161	0.517	0.513	0.474	1.665	0.187	0.222	0.366	0.474	1.249	1.419
Nouveau réseau. Midi	0.283	0.935	0.857	0.490	2.565	0.147	0.507	0.627	0.490	1.771	2.311
Nouveau réseau	0.124	0.776	0.627	0.387	1.914	0.083	0.290	0.428	0.387	1.188	1.485
Banlieue. Vincennes	0.105	0.845	0.903	0.592	2.445	»	»	»	»	»	»
Banlieue. Ouest-banlieue	0.211	0.698	0.800	0.462	2.166	»	»	»	»	»	»
Réseaux réunis	0.105	0.752	0.567	0.296	1.720	0.058	0.262	0.365	0.296	0.981	1.218

Il nous est ainsi démontré que le coût de la tonne kilomètrique brute varie de 1c.6 à 2c.5 dans les trains de voyageurs et mixtes, et de 0c.8 à 1c.3 dans les trains de marchandises, c'est-à-dire qu'il est presque double dans le premier cas. Ainsi se manifeste l'influence de la vitesse: 36 à 46 kilomètres, en moyenne environ 42 kilom., pour l'ensemble des trains renfermant des voyageurs, 25 dans les trains de petite vitesse.

L'excédant de dépenses dû à la plus grande vitesse influe non-seulement sur les frais de traction par l'action du facteur $\frac{f}{p}$, mais encore sur les frais d'exploitation et d'administration générale : $\frac{b}{p}$ et $\frac{a.n}{p}$, par suite de la plus faible valeur du poids p du train correspondant aux trains les plus rapides.

Si on remarque que les trains mixtes compris dans l'ensemble des trains de voyageurs, étant plus lourds et marchant moins vite que les trains exclusivement consacrés au transport des voyageurs, ont pour effet de diminuer le coût *moyen* de la tonne kilométrique brute, on en conclura que ce coût dans les trains de voyageur proprement dits, est supérieur aux chiffres indiqués, soit le double au moins du coût de la tonne brute à petite vitesse.

Nous reviendrons sur ce point dans le paragraphe spécial que nous consacrons plus loin aux trains mixtes.

Du rapprochement des résultats ci-dessous :

Ensemble de l'ancien réseau. Prix de la tonne kilométrique brute trains de voyageurs et mixtes 1c.635. Valeurs de f... 8k.16, vitesse correspondante 42k.4.

Prix de la tonne kilométrique, trains de marchandises 0c.899. Valeurs de f... 5k.10. Vitesse 25 kilomètres.

$$\text{Rapport des prix.. . .} \quad \frac{1.635}{0.899} = 1.818$$

$$\text{Rapport des vitesses. .} \quad \frac{42.5}{25} = 1.700.$$

Ensemble du nouveau réseau :

Prix : 1c.914 et 1c.188 vitesses 39k.7 et 25,

$$\text{Rapport des prix.. . .} \quad \frac{1.914}{1.188} = 1.611$$

$$\text{Rapport des vitesses. .} \quad \frac{39.7}{25} = 1.588.$$

Moyenne des réseaux réunis :

Prix : 1c.720 et 0c.981 vitesses 41k.3 et 25.

Rapport des prix. . . . $\frac{1.720}{0.981} = 1.753$

Rapport des vitesses. . $\frac{41.3}{25} = 1.652.$

On peut conclure, au moins pour des appréciations d'ensemble, que ces prix sont assez sensiblement proportionnels à la vitesse. C'est un résultat qu'on n'eût sans doute pas osé admettre *à priori*, et dont les calculs précédents fournissent la démonstration.

C'est sur le chemin de Lyon, ancien réseau, que le transport de la tonne kilométrique brute est effectué le meilleur marché. Le prix 0k.783 est inférieur de 13 pour cent à la moyenne de l'ancien réseau et de 20 pour cent à la moyenne générale. Sur ce chemin, en effet, d'une part le trafic a, comme nous l'avons vu (§ II), atteint le maximum d'importance, et de l'autre la fréquence des trains y est proportionnellement la moindre, et par conséquent le chargement des trains le plus élevé. Le transport est effectué par plus grandes masses.

Au chemin du Midi, sur lequel le trafic est faible, mais où les conditions de fréquence et de chargement des trains se rapprochent de celles du chemin de Lyon, le prix est également au-dessous de la moyenne 9 pour cent au-dessous de la moyenne générale).

Viennent ensuite, par ordre croissant, l'Est, le Nord, l'Orléans et l'Ouest, sur l'ancien réseau.

Quant au nouveau réseau, la moindre importance du trafic et le faible chargement des trains élèvent de 0c.899 à 1c.188, soit de 32 pour cent, le coût de la tonne kilométrique brute dans les trains de marchandises et de 1c.635 à 1c.914, soit 17 pour cent, le coût dans les trains de voyageurs et mixtes. Ces derniers y sont d'ailleurs en plus grande proportion.

Sur les lignes de banlieue, les conditions toutes particulières du service : fluctuations hebdomadaires et journalières du mouvement, fréquence des trains, stations rapprochées, etc., etc., entraînent une notable surélévation du prix de revient : 30 à 50 pour cent sur la moyenne générale.

En effectuant le produit du prix trouvé pour la tonne kilométrique brute, dans chacun des cas, par le poids correspondant du train, on déterminera le coût du kilomètre de train ; il est intéressant de rapprocher ces prix, pour les trains renfermant des voyageurs d'une part et pour les trains de marchandises de l'autre, du coût par kilomètre de *train moyen*, seul que les Compagnies font ressortir dans leurs comptes rendus.

DÉSIGNATION DES LIGNES.		PRIX DE REVIENT du kilomètre de train de voyageurs et mixtes.	du kilomètre de train de marchandises.	du kilomètre de train moyen.
		fr.	fr.	fr.
Ancien réseau.	Nord	2.120	2.669	2.429
	Est	1.909	3.016	2.457
	Lyon	2.198	3.636	2.878
	Ouest	2.204	3.086	2.594
	Orléans	2.007	3.948	2.690
	Midi	2.046	3.260	2.572
Ancien réseau		2.042	3.280	2.640
Nouveau réseau	Nord	1.791	2.601	2.057
	Est	2.027	3.265	2 587
	Lyon	2 418	4.178	3.092
	Ouest	2.258	3.764	2.664
	Orléans	2.165	3.834	2.640
	Midi	2.645	3.367	2.912
Nouveau réseau		2.191.5	3.638	2.712
Banlieue.	Vincennes	3.738	»	3.741
	Ouest-banlieue	3.142	»	3.142
Réseaux réunis		2.095	3.443	2.671

Enfin, à l'aide de ces chiffres et du parcours kilométrique total des trains de la même espèce, on peut reconstituer la dépense totale d'exploitation pour chacun des services.

On aura ainsi décomposé le montant total de la dépense, figurant aux comptes rendus, en deux parties représentant : l'une les dépenses relatives au service de la grande vitesse (y compris les trains mixtes), l'autre celles du service de la petite vitesse.

La séparation de ces deux comptes serait évidemment faite avec plus d'exactitude, dans chaque Compagnie, si, au lieu d'un seul compte, on y ouvrait deux comptes distincts auxquels on y inscrirait, au fur et à mesure des opérations, les dépenses de chaque service : directement quand il s'agirait des dépenses dont l'origine est déterminée, par répartition, suivant un taux conventionnel pour les autres.

Nous ne pensons pas néanmoins que les résultats différeraient beaucoup de ceux que nous obtenons par le calcul que nous venons d'indiquer et qui donne pour l'ancien réseau les résultats suivants :

ANCIEN RÉSEAU.	TOTAL.	DÉPENSES D'EXPLOITATION		PROPORTION °/₀.	
		Grande vitesse (y compris trains mixtes)	Petite vitesse.	Grande vitesse.	Petite vitesse.
	fr.	fr.	fr.	0/0	0/0
Nord.....	36.005.800	13.780.000	22.225.800	38.3	61.7
Est.....	28.374.600	10.563.800	17.810.800	37.2	62.8
Lyon....	64.544.000	25.631.500	38.912.500	39.7	60.3
Ouest....	23.407.200	11.706.000	11.701.200	50	50
Orléans..	37.298.850	18.035.800	19.253.050	48.3	51.7
Midi.....	13.039.400	5.347.000	7.692.400	41	59
Total...	202.659.850	85.064.100	117.695.750	42	58

Il serait assez naturel de penser que la décomposition ci-dessus aurait pu être faite directement en prenant pour base le montant des recettes effectuées pour chacun des deux transports. Ce serait en effet un procédé simple et exact, s'il était démontré que les tarifs sont établis dans leur ensemble de telle sorte que les recettes soient proportionnelles aux dépenses d'exploitation pour chacun des deux services séparés. — Cette question, qui est celle de savoir si les marchandises payent pour les voyageurs, ou réciproquement, a été d'ailleurs assez controversée ; il nous est possible de la vider ici.

Voici quelles ont été, sur l'ancien réseau, les recettes de la grande et de la petite vitesse (en reportant sur le premier chiffre le produit des marchandises en trains mixtes) :

ANCIEN RÉSEAU.	RECETTES			PROPORTION °/₀.	
	de la grande vitesse (y compris les marchandises en trains mixtes).	de la petite vitesse.	TOTALES.	Grande vitesse.	Petite vitesse.
	fr.	fr.	fr.	0/0	0/0
Nord.....	33.324.000	51.281.000	84.605.000	39	61
Est.....	21.393.200	36.730.500	58.123.700	36.8	63.2
Lyon....	63.770.700	105.254.200	169.024.900	37.7	62.3
Ouest....	26.198.800	25.380.900	51.579.200	50.6	49.4
Orléans...	39.151.800	46.041.000	85.192.800	45.9	54.1
Midi.....	14.936.100	22.711.000	37.647.100	39.7	60.3
Total...	198.774.100	287.398.600	486.172.700	40.9	59.1

En comparant ces chiffres aux précédents, on voit que, sauf en ce qui concerne le chemin d'Orléans, la proportion entre les recettes de chaque service et celle des dépenses sont assez peu différentes, et qu'en appliquant à la dépense totale la répartition des recettes, on eût obtenu pour le prix de revient de la tonne kilométrique brute — après division par le tonnage total — des valeurs peu différentes de celles que nous avons adoptées.

Sur le chemin d'Orléans, il y a un écart notable qui ressortira mieux par la détermination du rapport de la dépense à la recette. On a en effet :

Rapport de la Dépense à la Recette.

Grande vitesse. $\frac{18.035.800}{39.151.800} = 46.1\ \%$

Petite vitesse. . $\frac{19.253.000}{46.041.000} = 41.8\ \%$

} Moyenne. 43.6

Le produit des marchandises est sur cette ligne plus élevé, proportionnellement aux frais d'exploitation, que celui des voyageurs. — Ici donc les marchandises payent pour les voyageurs [1].

Il en est de même, mais dans une moindre proportion, sur l'Est, le Lyon et le Midi.

Sur le Nord et l'Ouest, au contraire, le produit de la grande vitesse représentant une plus grande proportion de la recette totale que la dépense correspondante comparée à la dépense totale, les voyageurs payent pour les marchandises [2].

Sur le nouveau réseau, on a à constater des écarts plus considérables. Nous nous bornons à indiquer, pour chaque ligne, la proportion des dépenses et celle des recettes des deux services :

NOUVEAU RÉSEAU.	DÉPENSES D'EXPLOITATION.		RECETTES.	
	GRANDE VITESSE.	PETITE VITESSE.	GRANDE VITESSE.	PETITE VITESSE.
	%	%	%	%
Nord	53.9	46.1	45.7	54.3
Est	46.4	53.6	33.5	66.5
Lyon	48.7	51.3	44.7	55.3
Ouest	60.3	39.7	48	52
Orléans	54.9	45.1	51.3	48.7
Midi	68.8	31.2	66.7	33.3
Moyenne	52.9	47.1	45	55

1. Sur le chemin d'Orléans, le produit moyen d'une tonne de marchandises, à 1 kilomètre, est supérieur de 1 centime, environ 20 %, à celui d'un voyageur-kilomètre (6c.57 au lieu de 5c.57), tandis que sur les autres lignes il y a presque égalité entre ces deux produits.

2. Rapport de la dépense à la recette.

	NORD.	OUEST.
Grande vitesse	41.35 %	44.7 %
Petite vitesse	43.34	46.1

On a en outre :

NOUVEAU RÉSEAU.	RAPPORT DE LA DÉPENSE A LA RECETTE.		
	GRANDE VITESSE.	PETITE VITESSE.	MOYENNE.
	0/0	0/0	0/0
Nord.....	68.5	49.2	58
Est.....	79.6	46.5	57.7
Lyon.....	59.7	50.8	54.7
Ouest.....	63.7	39.8	51.5
Orléans.....	68.8	59.9	64.3
Midi.....	70.4	64.2	68.3
Moyenne.....	67.7	49.2	57.5

Sur tout le nouveau réseau les marchandises payent pour les voyageurs, — ou pour mieux dire, le transport des voyageurs est plus onéreux pour les Compagnies que celui des marchandises.

Nous reviendrons dans le paragraphe suivant sur cette question après avoir déterminé le prix de revient par unité.

•

§ IV. — PRIX DE REVIENT PAR UNITÉ.

Le coût d'exploitation par unité kilométrique est donné par la formule :

$$a + \frac{b}{n} + \frac{c.f}{\varphi} \cdot \frac{p}{n} + d.\frac{p}{n}$$

qu'on peut mettre sous la forme :

$$\frac{p}{n}\left(a\,\frac{n}{p} + \frac{b}{p} + c\,\frac{f}{\varphi} + d\right).$$

Dans les trains de petite vitesse, qui ne renferment que des marchandises, le rapport $\frac{p}{n}$ est exactement égal au poids π_m de l'unité tonne de marchandises. Il nous suffira donc de multiplier le coût, par tonne kilométrique brute à petite vitesse, par les valeurs correspondantes de π_m, déterminées dans la première partie, et qui représentent le poids total : poids utile, poids mort et poids moteur de l'unité tonne de marchandises, pour en avoir le coût total. On aura ainsi :

Prix de l'unité tonne de marchandises à petite vitesse.

	c.	t.		c.
Nord.	0.968	× 2.605	. . . .	2.522
Est.	0.926	× 2.806	. . . .	2.598
Lyon.	0.783	× 2.674	. . . .	2.094
Ouest.	1.017	× 2.829	. . . .	2.877
Orléans.	0.992	× 2.773	. . . .	2.751
Midi.	0.888	× 2.581	. . . .	2.292
Ensemble de l'ancien réseau. .	0.899	× 2.721	. . . .	2.446
Nord.	1.278	× 2.903	. . . .	3.710
Est.	1.130	× 2.793	. . . .	3.056
Lyon.	1.075	× 2.749	. . . .	2.955
Ouest.	1.347	× 2.910	. . . .	3.920
Orléans.	1.249	× 2.653	. . . .	3.314
Midi.	1.771	× 3.133	. . . .	5.549
Ensemble du nouveau réseau..	1.188	× 2.814	. . . .	3.343
Réseaux réunis.	0.981	× 2.742	. . . .	2.690

Le coût de l'unité à petite vitesse varie sur l'ancien réseau de 2c.1 à 2.9, le minimum est obtenu sur le chemin de Lyon, le maximum correspond à la ligne de l'Ouest.

Sur le nouveau réseau, il varie de 3 centimes à 3c.9 et atteint même 5c.5 sur le nouveau réseau du Midi. L'excès de prix du nouveau réseau sur l'ancien résulte à la fois du coût plus élevé de la tonne kilométrique brut et du poids plus élevé de l'unité.

Dans les trains de grande vitesse sont comprises trois espèces d'unités, voyageurs, accessoires et marchandises en trains mixtes, auxquelles correspondent des valeurs différentes Π_v, Π_a, Π_m du poids total de l'unité. Le rapport $\frac{p}{n}$ est donc une moyenne entre ces valeurs du poids total des unités, et la formule générale rappelée en tête de ce paragraphe donnerait un prix *moyen*.

Pour chacune des trois espèces d'unités, la formule à appliquer est respectivement :

Voyageurs $a + \frac{b}{n} + \Pi_v \left(\frac{c.f}{\varphi} + d\right)$,

Accessoires de grande vitesse $7\left(a + \frac{b}{n}\right) + \Pi_a \left(\frac{c.f}{\varphi} + d\right)$,

Marchandises en trains mixtes $a + \frac{b}{n} + \Pi_m \left(\frac{c.f}{\varphi} + d\right)$.

Si on évaluait le prix par voyageur, par exemple, en multipliant directement le coût de la tonne kilométrique brute, à la vitesse des trains de voyageurs, par le poids total, poids mort et poids utile, du voyageur, on trouverait un chiffre un peu différent de celui résultant de la formule précédente; — ce serait y remplacer le terme $a + \frac{b}{n}$ par le terme

$$\left(a.\frac{n}{p} + \frac{b}{p}\right)\Pi_v,$$

qui ne lui serait égal que si Π_v était égal à $\frac{p}{n}$.

La différence serait d'ailleurs de peu d'importance[1].

On aura donc pour le prix de l'unité à grande vitesse :

DÉSIGNATION DES LIGNES.		PRIX DE L'UNITÉ-KILOMÈTRE DANS LES TRAINS DE GRANDE VITESSE ET TRAINS MIXTES. Voyageur.	Tonne d'accessoires.	Tonne de marchandises en trains mixtes.	UNITÉ MOYENNE.
		c.	c.	c.	c.
Ancien réseau.	Nord	2.296	18.64	3.420	2.383
	Est	2.303	21.12	3.563	2.454
	Lyon	2.144	14.72	3.130	2.249
	Ouest	2.259	21.85	3.865	2.495
	Orléans	2.492	17.39	3.793	2.627
	Midi	1.963	16.77	3.053	2.131
Ensemble. Ancien réseau..		2.213	16.68	3.341	2.316
Nouveau réseau	Nord	3.778	30.69	5.004	3.856
	Est	3 597	28.35	4.562	3.768
	Lyon	3.069	23.12	4.249	3.372
	Ouest	3.419	27.94	5.158	3 567
	Orléans	3.503	23.23	4.121	3.686
	Midi	3.733	31.73	6.201	4.171
Ensemble. Nouveau réseau.		3.367	26.23	4.595	3.604
Banlieue.	Vincennes	2.682	27.65	»	2.680
	Ouest-banlieue	2.290	21.53	»	2.413
Réseaux réunis...		2.474	19.05	3.632	2.614

1. Pour l'ensemble de l'ancien réseau, par exemple, on aurait :

$$a + \frac{b}{n} = 0.134 + \frac{92.52}{88.1} = 1^c.184$$

et $$\left(a\frac{n}{p} + \frac{b}{p}\right)\Pi_v = (0.095 + 0.740) \times 1^t.286 = 1^c.074$$

Différence en moins. . . . . $0^c.110$

soit 5 °/₀ du prix total égal à $2^c.21$.

La tonne d'accessoires coûte le prix de $\frac{19.05}{2.474} = 7.7$ voyageurs moyens [1].

Si on compare les chiffres représentant le coût du voyageur moyen à ceux précédemment trouvés pour la tonne de marchandises à petite vitesse, on voit qu'ils sont généralement peu différents : Sur l'ancien réseau, le voyageur coûte environ dix pour cent de moins que la tonne de marchandises ; sur l'ensemble du nouveau réseau, il y a égalité.

Si on tient compte de ce que le train de voyageurs moyen que nous considérons a été déterminé en comprenant les trains mixtes, de sorte que le train de voyageurs proprement dit est un train un peu moins lourd et un peu plus rapide que le train moyen, on verra que le prix réel du voyageur moyen, un peu supérieur à celui indiqué ci-dessus, est généralement et *grosso modo* égal au prix de la tonne kilométrique de marchandises à petite vitesse.

Cela tient à ce que, d'une part, si le transport d'un même poids total coûte le *double*, à la vitesse des trains de voyageurs (45 à 50 kilom.), qu'à celle des trains dits de petite vitesse (25 kilom.), de l'autre, le poids total, poids utile et poids mort, d'une tonne de marchandises est le *double* également de celui correspondant au voyageur moyen.

Si l'on compare de même les prix correspondants de la tonne de marchandises dans les trains de marchandises et dans les trains mixtes, on voit que ces derniers (un peu élevés par l'influence des trains rapides englobés dans la même moyenne) sont supérieurs d'environ *un tiers* aux premiers en raison de l'excédant de vitesse. — Nous avons admis le même poids d'unité.

On peut remarquer encore que les prix sur les lignes du nouveau réseau qui sont toujours notablement plus élevés que sur celles de l'ancien réseau, présentent de plus grands écarts pour les voyageurs que pour les marchandises ; cela tient à ce que, sur les lignes dont le trafic n'a pas encore atteint son développement normal, le service des voyageurs est le plus onéreux, astreints que sont les trains des voyageurs à des conditions de fréquence hors de proportion avec l'importance du trafic ; tandis que, pour celui des marchandises, la Compagnie reste, dans une certaine mesure, maîtresse de réduire le nombre de ses trains qu'elle proportionne au mouvement même, et de leur assurer ainsi un chargement assez important.

Quant aux différences qu'on peut constater entre les prix de la même unité sur les diverses lignes, il convient, en les signalant, d'appeler l'attention sur leurs causes.

---

1. Comme produit, nous avons admis que la tonne d'accessoires équivalait à 7 voyageurs. En poids total nous avons vu qu'elle en représentait 8.5.

Le transport d'une même unité, à la même vitesse, devrait en principe coûter le même prix sur toutes les lignes, ce prix représentant l'exécution de la même opération, du même travail.

Il n'en est pas ainsi pratiquement par les motifs ci-dessous :

1° Le travail à effectuer n'est pas identique; car la même unité n'a pas, nous l'avons vu, le même poids brut total sur toutes les lignes. — Nous avons tenu compte de cette influence en introduisant en facteur ce poids brut total.

2° La même quantité de poids brut est transportée, sur les diverses lignes, par masses d'importances variables, ce sont les trains, dont le poids diffère d'une ligne à l'autre pour la même nature de transports. La formule qui fournit le prix par tonne kilométrique brute tient compte de cette cause par l'introduction des valeurs de p et de n dans deux de ses termes.

3° D'une Compagnie à l'autre la différence de situation géographique, de tracé, d'organisation, de prix des matières premières et de la main-d'œuvre, etc., doit faire naître des différences de coût dans la production d'un même travail. — Ces différences se manifestent dans les valeurs des coefficients pratiques a, b, c, d, f, qui multiplient les quatre termes de notre formule principale. — Toutefois, nous ne pensons pas que, par suite de la solidarité établie entre les Compagnies par les raccordements, de l'analogie du matériel et du système d'exploitation, de l'équilibre que les chemins de fer eux-mêmes ont amené dans les conditions économiques et commerciales des régions desservies et de l'espèce de nivellement des prix des matières premières et de la main-d'œuvre qui en est résulté, nous ne pensons pas, dis-je, que ces différences, assez grandes à l'origine des chemins de fer, aient actuellement une bien grande importance[1].

4° Enfin, l'intensité totale du trafic est des plus variables d'une ligne à l'autre; c'est l'élément qui doit avoir le plus d'influence sur les variations du prix par suite des *frais généraux* de toutes sortes — non-seulement sur l'ensemble, mais encore dans chacun des services en particulier — qui grèvent les prix, mais qui les grèvent d'autant moins qu'on les peut répartir sur une plus grande somme d'unités transportées.

Il est intéressant, non-seulement pour la comparaison des lignes entre elles, mais pour permettre d'entrevoir ce que sera dans l'avenir le coût des transports, de faire ressortir l'action de cette dernière cause, l'intensité du trafic sur les dépenses par unité en comparant ces dépenses aux nombre par lesquels, dans notre première partie (§ IV), nous

1. Sauf, en ce qui concerne les nouveaux réseaux, l'influence des tracés accidentés, des parcours en montagnes, etc.

avons caractérisé l'importance du mouvement des transports sur chaque ligne.

On conçoit *à priori* que le coût par unité kilométrique doit décroître à mesure qu'augmente l'intensité du trafic; nous classons donc comme il suit les diverses lignes dans l'ordre que fournit la série *décroissante* des *nombres totaux d'unités transportées par jour à la distance entière*, et nous mettons en présence :

D'une part, le nombre d'unités-voyageurs transportés par jour à la distance entière, à la vitesse des trains de voyageurs et mixtes — et le prix correspondant de l'unité kilométrique.

D'autre part, le nombre de tonnes de marchandises transportées par jour, à la distance entière, à petite vitesse, — et le prix correspondant de l'unité kilométrique.

Les prix par unité kilométrique forment ainsi, sauf anomalies, une série *croissante* qui pourrait être reliée à la série décroissante des nombres d'unités à la distance entière.

DÉSIGNATION DES LIGNES.	Nombre total d'unités à la distance entière par jour.	Trains de voyageurs.		Trains de petite vitesse.	
		Nombre d'unités voyageurs à la distance entière par jour.	Prix de l'unité kilométrique	Nombre de tonnes à la distance entière par jour.	Prix de l'unité kilométrique
	u.	u.	c.	t.	c.
Lyon (Ancien réseau)..	3.970	1.408	2.14	2.562	2.09
Nord —	3.670	1.487	2.30	2.183	2.53
Est —	3.186	1.230	2.30	1.956	2.60
Ouest —	2.781	1.418	2.26	1.363	2.88
Midi —	2.015	781	1.96	1.234	2.29
Orléans —	1.878	828	2.49	1.050	2.75
Est (Nouveau réseau).	1.254	492	3.60	762	3.06
Lyon —	1.253	481	3.07	772	2.96
Nord —	978	514	3.78	464	3.71
Ouest —	904	501	3.42	403	3.92
Orléans —	897	314	3.50	583	3.31
Midi —	519	329	3.73	190	5.55

Il résulte de ce tableau que le prix minimum réalisé pour la tonne kilomètre, à petite vitesse (ancien réseau de Lyon), est de 0^{c}.02.09 et que le prix de *deux centimes* paraît être la limite extrême vers laquelle tend le prix de revient par tonne à mesure qu'augmente l'intensité du trafic.

§ V. — TRAINS MIXTES.

Nous avons jusqu'ici compris les trains mixtes dans le service dit de grande vitesse pour simplifier nos calculs et par suite des difficultés que

présente, dans les résultats statistiques de plusieurs Compagnies, la séparation nette des données spéciales à ce système de transport.

Il est pourtant utile de faire, au moins approximativement, cette distinction, et nous allons l'effectuer pour le chemin d'Orléans, dont les comptes rendus renferment, à cet égard, les détails nécessaires.

Nous avons trouvé pour la composition et le poids du train moyen — renfermant des voyageurs :

			t.	t.
Poids mort.	Machine et tender.	1.019	à 42	42.798
	Voitures.	5.96	à 5.6	33.376
	Fourgon de service.	1	à 6	6
	Wagons grande vitesse. . . .	1.68	à 6.5	10.920
	Wagons à marchandises. . .	2.27	à 5	11.350
Poids utile.	Voyageurs.	52ᵛ·		3.900
	Accessoires grande vitesse. .			2.280
	Marchandises.			8.250
				118.874

Le compte rendu de 1868 fournit les renseignements suivants :

Parcours des trains de voyageurs.	3.553.977 kilomètres.
Parcours des trains mixtes.	5.432.471 —
	8.986.448 —

Il indique, en véhicules, la répartition suivante :

COMPOSITION DES TRAINS.	PAR KILOMÈTRE DE TRAIN.	
	TRAINS DE VOYAGEURS.	TRAINS MIXTES.
	k.	k.
Voitures.	5.37	6.34
Fourgons et wagons grande vitesse.	3.94	1.86
Wagons à marchandises.	»	3.77
Total.	9.31	11.97

Ce qui permet de fixer, comme il suit, le poids de chaque espèce de train :

avons caractérisé l'importance du mouvement des trans
ligne.

On conçoit *à priori* que le coût par unité kilomé
à mesure qu'augmente l'intensité du trafic; nous
il suit les diverses lignes dans l'ordre que fourr
nombres totaux d'unités transportées par jour à
mettons en présence :

D'une part, le nombre d'unités-voyag
distance entière, à la vitesse des train
prix correspondant de l'unité kilomét

D'autre part, le nombre de tonne
jour, à la distance entière, à peti
de l'unité kilométrique.

Les prix par unité kilométr
série *croissante* qui pourrait
bres d'unités à la distance

DÉSIGNATION DES LIGNES.	Nor

, ancien réseau :

$$+ 0.445 \frac{f}{p} + 0.379,$$

eurs ci-dessus de p, n et f, on trouve :

Prix de la tonne kilométrique brute.

Lyon (Ancien
Nord
Est
Ouest
Midi
Orléa
Est
L
P

Trains de voyageurs. — Vitesse de 50 kilomètres,

$$0.140 \times \frac{74.97}{104.32} + \frac{76.13}{104.33} + 0.445 \frac{10.50}{6.10} + 0.379,$$

soit :

$$0^c.101 + 0.729 + 0.765 + 0.379$$

$$1^c.974.$$

2° Trains mixtes. — Vitesse de 35 kilomètres,

$$0.140 \times \frac{81.38}{131.76} + \frac{76.13}{131.76} + 0.445 \frac{6.60}{6.10} + 0.379,$$

soit :

$$0^c.086 + 0.578 + 0.481 + 0.379$$

$$1^c.524.$$

Nous avons trouvé pour l'ensemble des trains de voyageurs et mixtes :

$$1^c.688.$$

de l'unité voyageur devient alors :

voyageurs. $0.140 + \frac{76.13}{74.97} + 1.408\ (0.765 + 0.379) = 2^c.766$

s..... $0.140 + \frac{76.13}{81.38} + 1.368\ (0.481 + 0.379) = 2^c.251$

tonne de marchandises en trains mixtes,

$0.140 + \frac{76.13}{81.38} + 2.773\ (0.481 + 0.379) = 3^c.460$

tonne de marchandises coûte..... $2^c.751$

les résultats pratiques de l'emploi des
son de la moindre vitesse et du poids
s cher que dans les trains de voya-
marchandises y coûtent plus cher que
esse par suite de l'allure plus rapide du train
us.

pas fait aux 5.432.471 kilomètres de trains mixtes l'ad-
rée de 3.77 wagons à marchandises, ces trains n'eussent pesé
enne que 97t.44 et n'eussent transporté que 81.38 — 13.65 = 67.73
nités ; et leur vitesse aurait été sans aucun doute supérieure à 35 kilo-
mètres et d'environ 42 kilomètres (vitesse à laquelle correspond un
effort de traction de 8 kilomètres par tonne). Dans ces conditions, le
voyageur kilomètre aurait coûté :

$$0.140 + \frac{76.13}{67.73} + 1^t.400\ (0.445 \times \frac{8.0}{6.1} + 0.379) = 2^c.713.$$

Il y a donc eu, par suite de l'adjonction des 3.77 wagons par train, une réduction de dépenses sur les voyageurs de $2^c.713 - 2.251 = 0^c.462$ par unité, soit par kilomètre de train .... $0^c.462 \times 67.73$ .... $31^c.29$

Mais, en revanche, les 13t.65 ajoutées ont coûté de plus que si elles avaient été transportées à petite vitesse, $3^c.460 - 2.751 = 0.709$ par tonne, soit par kilomètre de train : .... $0^c.709 \times 13.65$ .... $9^c.68$

Économie, par kilomètre de train mixte. . . . . $21^c.61$

et sur tout l'ancien réseau $0^f.21.6 \times 5.432.471 = 1.173.400$ francs.

De ce calcul il résulte l'existence d'une limite du tonnage des marchandises à ajouter aux trains de voyageurs, ainsi convertis en trains mixtes : ce tonnage ne devra pas être tel que l'excès de dépense qui en résulte pour les marchandises puisse atteindre ou dépasser l'économie réalisée sur les voyageurs, ce qui arriverait certainement si le nombre d'unités tonnes de marchandises atteignait celui des voyageurs ; l'examen des chiffres relatifs au nouveau réseau d'Orléans achèvera cette démon-

DÉSIGNATION.		TRAINS DE VOYAGEURS.		TRAINS MIXTES.	
			t		t
Poids mort.	Machine		41.615		43.730
	Voitures	5.37 à 5.6	30.072	6.84 à 5.6	38.304
	Fourgon de service	1 à 6	6.000		6.000
	Wagons de grande vitesse	2.94 à 6.5	19.110	0.86 à 6.5	5.590
	Wagons à marchandises		»	3.77 à 5t	18.850
Poids utile.	Voyageurs	46.76	3.507	59.56	4.467
	Accessoires		4.030		1.167
	Marchandises		»		13.630
			104.334		131.738
Nombre d'unités par kilomètre de train			74.97		81.38
Poids total de l'unité voyageur			1.408 kilog.		1.368 kilog.
Poids total de l'unité marchandises			»		2.773 kilog.
Valeurs de f. — Effort de traction par tonne			10k.50		6k.60

Si dans la formule générale de l'Orléans, ancien réseau :

$$0.140\,\frac{n}{p} + \frac{76.13}{p} + 0.445\,\frac{f}{p} + 0.379,$$

nous substituons les valeurs ci-dessus de p, n et f, on trouve :

Prix de la tonne kilométrique brute.

1° Trains de voyageurs. — Vitesse de 50 kilomètres,

$$0.140 \times \frac{74.97}{104.32} + \frac{76.13}{104.33} + 0.445\,\frac{10.50}{6.10} + 0.379,$$

soit :

$$\underbrace{0^c.101 + 0.729 + 0.765}_{1^c.974.} + 0.379$$

2° Trains mixtes. — Vitesse de 35 kilomètres,

$$0.140 \times \frac{81.38}{131.76} + \frac{76.13}{131.76} + 0.445\,\frac{6.60}{6.10} + 0.379,$$

soit :

$$\underbrace{0^c.086 + 0.578 + 0.481}_{1^c.524.} + 0.379$$

Nous avons trouvé pour l'ensemble des trains de voyageurs et mixtes

1°.688.

Le coût de l'unité voyageur devient alors :

Dans les trains de voyageurs. $0.140 + \frac{76.13}{74.97} + 1.408\ (0.765 + 0.379) = 2^c.766$

Dans les trains mixtes..... $0.140 + \frac{76.13}{81.38} + 1.368\ (0.481 + 0.379) = 2^c.251$

et celui de la tonne de marchandises en trains mixtes,

$$0.140 + \frac{76.13}{81.38} + 2.773\ (0.481 + 0.379) = 3^c.460$$

Dans les trains de petite vitesse, la tonne de marchandises coûte..... $2^c.751$

Ces chiffres mettent en lumière les résultats pratiques de l'emploi des trains mixtes. Les voyageurs, en raison de la moindre vitesse et du poids plus élevé des trains, y coûtent moins cher que dans les trains de voyageurs proprement dits, mais les marchandises y coûtent plus cher que dans les trains de petite vitesse par suite de l'allure plus rapide du train et de son moindre poids.

Si on n'avait pas fait aux 5.432.471 kilomètres de trains mixtes l'adjonction opérée de 3.77 wagons à marchandises, ces trains n'eussent pesé en moyenne que $97^t.44$ et n'eussent transporté que $81.38 - 13.65 = 67.73$ unités, et leur vitesse aurait été sans aucun doute supérieure à 35 kilomètres et d'environ 42 kilomètres (vitesse à laquelle correspond un effort de traction de 8 kilomètres par tonne). Dans ces conditions, le voyageur kilomètre aurait coûté :

$$0.140 + \frac{76.13}{67.73} + 1^t.400\ (0.445 \times \frac{8.0}{6.1} + 0.379) = 2^c.713.$$

Il y a donc eu, par suite de l'adjonction des 3.77 wagons par train, une réduction de dépenses sur les voyageurs de $2^c.713 - 2.251 = 0^c.462$ par unité, soit par kilomètre de train .... $0^c.462 \times 67.73$ .... $31^c.29$

Mais, en revanche, les $13^t.65$ ajoutées ont coûté de plus que si elles avaient été transportées à petite vitesse, $3^c.460 - 2.751 = 0.709$ par tonne, soit par kilomètre de train : .... $0^c.709 \times 13.65$ .... $9^c.68$

Économie, par kilomètre de train mixte. . . . . $21^c.61$

et sur tout l'ancien réseau $0^t.21.6 \times 5.432.471 = 1.173.400$ francs.

De ce calcul il résulte l'existence d'une limite du tonnage des marchandises à ajouter aux trains de voyageurs, ainsi convertis en trains mixtes : ce tonnage ne devra pas être tel que l'excès de dépense qui en résulte pour les marchandises puisse atteindre ou dépasser l'économie réalisée sur les voyageurs, ce qui arriverait certainement si le nombre d'unités tonnes de marchandises atteignait celui des voyageurs ; l'examen des chiffres relatifs au nouveau réseau d'Orléans achèvera cette démon-

stration importante au point de vue spécial des exploitations presque exclusivement en trains mixtes des lignes à très-faible trafic.

On trouvera sur l'Orléans nouveau réseau :

DÉSIGNATION.	TRAINS DE VOYAGEURS proprement dit.	TRAINS MIXTES.
Parcours kilométriques. . . .	775.443kil.	3.130.992kil.
Poids du kilomètre de train. .	97t.9	137t.5
Nombre d'unités transportées. .	52.6	60.24 (dont 24.2 tonnes de marchandises.)

La formule générale, donnant le coût par tonne kilométrique brute est :

$$0.357\,\frac{n}{p} + \frac{67.21}{p} + 0.436\,\frac{f}{\varphi} + 0.474 \qquad \varphi = 6.07.$$

On trouve alors :

Prix de la tonne kilométrique brute.

Trains de voyageurs. $0.357 + \frac{52.6}{97.9} + \frac{67.21}{97.9} + 0.436\,\frac{10.50}{6.07} + 0.474 =$ 3c.106

Trains mixtes. . . . $0.357 + \frac{60.24}{137.5} + \frac{67.21}{137.5} + 0.436\,\frac{6.6}{6.07} + 0.474 =$ 1c.50

Coût de l'unité voyageur.

Dans les trains de voyageurs. . $0.357 + \frac{67.21}{52.6} + 1^{t}.893\ (0.754 + 0.474) =$ 3c.46

Dans les trains mixtes. . . . . $0.357 + \frac{67.21}{97.9} + 2^{t}.057\ (0.474 + 0.374) =$ 2c.03

Coût de la tonne de marchandises.

Dans les trains mixtes. . . . . $0.357 + \frac{67.21}{97.9} + 2^{t}.653\ (0.474 + 0.474) =$ 3c.55

Dans les trains de petite vitesse. 3c.31

En réalité, si les 24t.2 de marchandises n'avaient pas été ajoutées aux trains mixtes, ceux-ci — forcément maintenus en même nombre pour satisfaire aux exigences spéciales du service des voyageurs — n'eussent pesé par kilomètre moyen que 84t.7, en transportant 36.4 unités seulement à la vitesse de 42 kilomètres. Le prix du voyageur se serait alors élevé à 4c.618.

L'économie réalisée par kilomètre de train mixte est donc, sur les voyageurs, de $(4.168 - 2.993) \times 36.06$. 58c.60
dont il faut retrancher l'excédant de frais sur les marchandises $(3.558 - 3.314) \times 24.18$. 5c.90

Économie par kilomètre de train mixte. 52c.70

et sur tout le nouveau réseau $0^f.52.7 \times 3.130.992^{kil.} = 1.650.000^f$.

On peut exprimer autrement ce résultat, en disant que, sur le nouveau réseau d'Orléans, la fréquence des trains de voyageurs est tellement hors de proportion avec l'importance du mouvement des voyageurs, que si on n'avait pas la ressource de compléter le poids des trains avec des marchandises, ce service qui entraîne actuellement une dépense d'exploitation de $5.763.000^f$, exigerait un supplément de frais de $1.650,000^f$, soit 28.6 °/₀, ce qui l'éléverait à $7.413.000^f$.

En résumé, sur le chemin d'Orléans, l'unité voyageur est transportée aux prix suivants :

VOYAGEURS.	CHEMIN D'ORLÉANS.	
	Ancien réseau.	Nouveau réseau.
Dans le train moyen, dit de grande vitesse, les trains mixtes compris (1er chiffre indiqué page 451). .	2c.492	3c.503
Dans les trains de voyageurs, proprement dit. . .	2.766	3.960
Dans les trains mixtes.	2.251	2.993
Prix moyen en tenant compte des nombres de voyageurs transportés dans chaque espèce de train. .	2.602	3.217

C'est ce dernier chiffre qui doit être adopté dans les comparaisons qu'on désirerait faire entre le coût et le tarif moyen appliqué, et également entre le coût et le nombre d'unités à la distance entière par jour représentant l'intensité du trafic des voyageurs.

§ VI. — APPLICATIONS DIVERSES DE LA FORMULE GÉNÉRALE.

La formule générale, donnant le prix de revient par kilomètre de train que nous avons posée :

$$a.n + b + c\frac{l.p}{\varphi} + d.p,$$

permet l'examen de divers cas particuliers que nous allons passer rapidement en revue :

1° *Recherche du prix de revient minimum* auquel peuvent être effectués, sur une ligne donnée, les transports à petite vitesse, toutes les circonstances les plus favorables étant réunies.

Il faut alors substituer dans la formule les valeurs de p et de n correspondant aux trains les plus lourds et les mieux utilisés.

Exemple : sur l'ancien réseau de Lyon, ligne sur laquelle on transporte avec la plus grande économie, le coût du kilomètre de train de petite vitesse est, en centimes, de :

$$0.135 \,.\, n + 113.18 + 0.352 \,\frac{5^k.10}{5^k.93} \,.\, p + 0.185\, p.$$

Considérons un train de houille formé de wagons à chargement à peu près complet, et dont les données seraient les suivantes :

Poids du train.	Machine.	60 tonnes.
—	40 wagons à 5.000 kilog.	200
—	Houille 40 × 9t.500.	380
		640

On a :

$$p = 640 \qquad \text{et} \qquad n = 380.$$

Le prix par kilomètre de train est alors de. . . . . 4f.766, ce qui représente par tonne kilométrique de poids brut total :

$$\frac{476.6}{640} = 0^c.745.$$

Le poids de l'unité tonne de houille, tout poids mort compris, étant de $\frac{640}{380} = 1^t.684^{kil.}$, la dépense par tonne de houille, à un kilomètre est de :

$$0^c.745 \times 1^t.684 = 1^c.255.$$

Nous rappelons que, sur le chemin de Lyon, la dépense moyenne par tonne de marchandises est de 2c.094, et qu'elle atteint 2c.446 sur l'ensemble des anciens réseaux.

Ajoutons que le retour à vide du même train, qui pèserait alors 260 tonnes, coûterait 2f.400, de sorte que le prix total, aller et retour, serait de 4f.766 + 2.400 = 7f.166 pour 380 tonnes utiles, soit par tonne

$$\frac{716.6}{380} = 1^c.886.$$

2° *Trains de plaisir.* Supposons un train de plaisir renfermant moyennement 500 voyageurs : 200 de deuxième classe et 300 de troisième.

pourra admettre qu'il aura la composition et le poids, approximatifs, ci-dessous :

Machine.	42t.00
7 voitures de 2e classe à 5t.9..	41t.30
8 voitures de 3e classe à 5t.7.	45t.60
2 fourgons à 6t.	12t.00
500 voyageurs à 75kg.	37t.50
	176t.30

Prenons la formule relative à l'ensemble des anciens réseaux :

$$0.134\ n + 92.52 + 0.404 . \frac{f}{\varphi} . p + 0.256 . p$$

et substituons-y les valeurs :

$$n = 500 \qquad p = 176.30 \qquad f = 8^{kg}.50;$$

on trouvera pour le coût par kilomètre de train : 3f.046,

soit, par voyageur moyen..	0c.69 ce qui correspond
pour les voyageurs de 2e classe, à.	0c.76
pour ceux de 3e classe, à..	0c.52

Le prix de revient moyen du voyageur dans les trains ordinaires est de 2c.21, ce qui justifie assez bien le tarif adopté généralement pour les trains de plaisir et qui est le quart du prix normal.

3° *Trains express.* Considérons un train express ayant la composition et le poids suivant :

Machine.	40t.00
2 fourgons à 6t.	12t.00
6 voitures de 1re classe à 5t.9.	35t.40
50 voyageurs à 75kg.	3t.75
Accessoires..	2t.00
	93t.15

Les données à substituer dans la formule générale, seraient alors :

$$p = 93.15 \qquad n = 67 \qquad f = 12^{kg}$$

et on trouvera pour le coût par kilomètre de train : 2f.039, ce qui donnerait pour le voyageur de 1re classe, en express :

Poids total de l'unité.	1.884kg
Poids de revient par voyageur.	1c.07.

La substitution des valeurs particulières à chaque cas, de p, n et f dans la formule générale permettrait encore d'étudier comment, sur une

ligne donnée, varie le prix du kilomètre de train, suivant le profil ; c'est en faisant alors varier la valeur de l'effort de traction f d'après les pentes et les rampes pour les portions de ligne considérées qu'on mesure — sur la dépense de traction et de matériel — l'influence du tracé.

Nous avons vu, dans le précédent paragraphe, comment la même formule doit être employée en ce qui concerne les trains mixtes.

Enfin, la formule générale peut encore être utilisée à la détermination des dépenses nécessitées par la circulation des machines de secours ou autres et par les machines servant aux manœuvres. Il faut, dans ce cas, supprimer les deux premières termes (administration centrale et exploitation proprement dite), et mettre le coût du kilomètre de parcours sous la forme — pour l'ensemble des anciens réseaux, par exemple :

$$\left(0.404 \cdot \frac{f}{\varphi} + 0.256\right) p.$$

S'il s'agit d'une machine circulant seule, on substituera à p le poids de la machine, à f l'effort de traction correspondant à la vitesse de la marche de la machine[1].

S'il s'agit de manœuvres, on pourra admettre $f = 5^{k}.100$ (la vitesse étant faible) et p sera égal au poids de la machine augmenté de celui des wagons manœuvrés.

§ VII. — RÉMUNÉRATION DU CAPITAL DE PREMIER ÉTABLISSEMENT.

Dans les prix de revient précédemment évalués, nous n'avons compris que le remboursement des dépenses d'exploitation. Pour les compléter, il faut y ajouter la rémunération du capital de premier établissement.

Nous devons ici laisser de côté les questions de bénéfices et de dividendes, et en conséquence nous évaluons, d'une manière constante, cette rémunération à 5 °/₀ du prix d'établissement des lignes.

Il est assez difficile de fixer nettement ces dépenses, à cause des lignes encore en construction, et nous avons adopté la méthode suivante pour la fixation de la dépense et pour la répartition des charges sur les diverses unitées considérées :

Pour les *nouveaux réseaux*, entièrement construits à l'aide d'obligations, nous relevons directement dans les comptes rendus, le chiffre des *charges annuelles*. . . . . .

1. En tenant compte de ce fait que l'effort par tonne de machine est plus élevé, pour la même vitesse, que l'effort par tonne de train, en raison de la résistance du mécanisme.

Pour les *anciens réseaux*, aux charges résultant des emprunts correspondants nous ajoutons l'intérêt à 5 °/₀ du capital actions.

C'est ainsi qu'ont été fixées les charges annuelles ci-dessous :

	DÉSIGNATION.	INTÉRÊTS ET AMORTISSEMENT des emprunts.	INTÉRÊTS A 5 °/₀ du CAPITAL ACTIONS.	TOTAL.
		fr.	fr.	fr.
Ancien réseau.	Nord. . . .	12.173.750	11.600.000	23.773.750
	Est[1]. . . .	1.314.720	14.370.300	15.685.020
	Lyon. . . .	34.002.420	17.277.460	51.279.880
	Ouest[2]. . .	16.367.100	7.500.000	23.867.100
	Orléans. . .	10.077.480	15.000.000	25.077.480
	Midi. . . .	8.804.640	6.250.000	15.054.640
	Total. . . .	82.740.110	71.997.760	154.737.870
Nouveau réseau	Nord. . . .	6.959.900	»	6.959.900
	Est.	38.163.730	»	38.163.730
	Lyon. . . .	48.930.700	»	48.930.700
	Ouest[3]. . .	13.929.330	»	13.929.330
	Orléans. . .	30.445.300	»	30.445.300
	Midi [4]. . .	4.489.330	»	4.489.330
	Total. . . .	142.918.290	»	142.918.290
	Total général. .	225.658.400	71.997.760	297.656.160

1. Y compris la ligne de Vincennes.
2. Banlieue comprise.
3. Nouveau réseau. 1re partie comprenant les lignes ouvertes entièrement à l'exploitation avant le 1er janvier 1865 et devant jouir, à partir du même jour, de la garantie de l'État.
4. Lignes garanties par l'État, seulement.

Pour répartir ces charges sur chaque espèce d'unités transportées, il convient de les répartir proportionnellement au coût d'exploitation. Nous rapprocherons donc les chiffres précédents des dépenses totales correspondantes de l'exploitation, de manière à établir le pourcentage, et nous obtiendrons le prix total de revient en ajoutant, pour chaque unité, au coût d'exploitation déterminé précédemment une égale proportion de frais, à titre de rémunération du capital.

Nous trouvons ainsi :

DÉSIGNATION.		CHARGES annuelles résultant du 1er établissement.	DÉPENSES d'exploitation.	RAPPORT % des charges aux dépenses d'exploitation.
		fr.	fr.	
Ancien réseau.	Nord. . . .	23.773.750	36.022.678	66 %
	Est [1]. . . .	15.685.020	26.299.912	53.5
	Lyon. . . .	51.279.880	64.241.215	80
	Ouest [2]. . .	23.867.100	27.712.220	86
	Orléans. . .	25.077.480	37.287.202	67
	Midi. . . .	15.054.640	12.790.844	118
	Total. . . .	154.737.870	207.354.071	75
Nouveau réseau	Nord. . . .	6.959.900	5.389.973	121
	Est.	38.163.730	26.080.550	146
	Lyon. . . .	48.930.700	25.183.143	194
	Ouest [3]. . .	13.929.330	7.531.985	185
	Orléans. . .	30.445.300	15.095.228	201
	Midi [4]. . . .	4.489.330	1.920.204	233
	Total. . . .	142.918.290	81.201.081	176
Total général. .		297.656.160	288.555.152	103

1. Y compris la ligne de Vincennes.
2. Banlieue comprise.
3. Nouveau réseau. 1re partie, seulement.
4. Lignes garanties par l'État, seulement.

Et il en résulte pour les prix de revient totaux du voyageur et de la tonne de marchandise, petite vitesse, les chiffres des tableaux suivants, dans lesquels nous plaçons, à titre de renseignement, en regard du coût, le *tarif moyen* appliqué :

Prix de revient moyen d'un voyageur.

DÉSIGNATION.		Dépenses d'exploitation.	Rémunération du capital.	Prix de revient total.	Tarif moyen appliqué.	BÉNÉFICE.
		centimes.	centimes.	centimes.	centimes.	centimes.
Ancien réseau.	Nord.	2.296	1.515	3.811	6.02	+ 2.21
	Est.	2.303	1.932	3.535	5.03	+ 1.49.5
	Lyon.	2.144	1.715	3.859	5.64	+ 1.78
	Ouest.	2.259	1.943	4.202	5 57	+ 1.37
	Orléans.	2.492	1.670	4.162	5.56	+ 1.40
	Midi.	1.963	2.316	4.279	5.30	+ 1.02
	Total.	2.213	1.660	3.873	5.58	+ 1.71
Nouveau réseau.	Nord.	3.778	4.571	8.349	5.81	— 2.54
	Est.	3.597	5.252	8.849	4.92	— 3.93
	Lyon.	3.069	5.954	9.023	5.47	— 3.55
	Ouest.	3.419	6.325	9.744	4.93	— 4.81
	Orléans. . . .	3.503	7.041	10.544	5.17	— 5.37
	Midi.	3.733	8.586	12.319	4.92	— 7.40
	Total.	3.367	5.926	9.293	5.16	— 4.13
Banlieue	Vincennes. . .	2.682	1.435	4.117	»	»
	Banl. de l'Ouest	2.290	1.969	4.259	»	»
	Total.	2.474	2.548	5.022	»	»

Prix de revient d'une tonne de marchandises, petite vitesse.

	DÉSIGNATION.	Dépenses d'exploitation.	Rémunération du capital.	Prix de revient total.	Tarif moyen appliqué.	BÉNÉFICE.
		centimes.	centimes.	centimes.	centimes.	centimes.
Ancien réseau.	Nord.....	2.522	1.665	4.187	5.72	+ 1.53
	Est.....	2.598	1.390	3.988	5.32	+ 1.33
	Lyon.....	2.094	1.675	3.769	5.83	+ 2.06
	Ouest.....	2.877	2.474	5.351	6.31	+ 0.96
	Orléans.....	2.751	1.843	4.594	6.57	+ 1.98
	Midi.....	2.292	2.725	5.017	6.76	+ 1.64
	Total.....	2.446	1.835	4.281	5.96	+ 1.68
Nouveau réseau.	Nord.....	3.710	4.489	8.199	7.27	— 0.93
	Est.....	3.056	4.462	7.518	6.31	— 1.21
	Lyon.....	2.955	5.733	8.688	6.30	— 2.39
	Ouest.....	3.920	7.252	11.172	6.57	— 4.60
	Orléans.....	3.314	6.661	9.975	5.77	— 4.20
	Midi.....	5.549	12.929	18.478	8.12	—10.37
	Total.....	3.343	5.884	9.227	6.35	— 2.88
	Total général...	2.690	2.770	5.460	6.05	+ 0.59

De l'examen de ces deux tableaux il résulte ce fait remarquable, que si, sur l'ensemble de tout le réseau français considéré comme ne formant qu'une seule entreprise, les tarifs appliqués couvrent à la fois les dépenses d'exploitation et la rémunération du capital de construction évalué comme nous l'avons indiqué, la taxe moyenne sur toutes les lignes de l'ancien réseau excède notablement le prix de revient total, laissant ainsi un bénéfice important; mais sur toutes celles du nouveau réseau cette taxe moyenne ne suffit pas à couvrir les charges, et il y a perte d'une partie de la rémunération du capital de construction.

Ce fait caractérise d'une manière très-nette la situation actuelle des chemins de fer français.

Nous le formulerons encore d'une autre manière :

L'intensité du mouvement total sur les lignes de l'ancien réseau varie de 1878 à 3970 unités transportées par jour à la distance entière, et il y a alors bénéfice avec les taxes actuellement perçues. Sur les lignes du nouveau réseau, le mouvement varie de 519 à 1254 unités transportées par jour à la distance entière, et les taxes perçues ne couvrent pas le prix de revient total.

Ce qui revient à dire que les tarifs actuels ne donnent des bénéfices, les dépenses d'exploitation et la rémunération du capital de premier établissement étant couvertes, que lorsque l'intensité du mouvement est supérieure à environ 1500 unités transportées par jour à la distance entière.

L'ensemble des résultats comparatifs que nous venons de présenter,

nous paraît former un tableau assez complet de la situation actuelle des transports sur les chemins de fer français.

Il sera évidemment utile, en adoptant les mêmes méthodes pour le groupement et la mise en parallèle des chiffres, de faire chaque année, sous une forme plus succincte, bien entendu, un résumé analogue des conditions de poids mort et de coût par tonne kilométrique, dans lesquelles s'effectuent les transports sur le réseau français. On se rendra compte ainsi des améliorations obtenues successivement à la faveur du développement du trafic et du progrès industriel.

On pourra également rapprocher des données précédentes celles relatives aux chemins de fer étrangers, et notamment celles des chemins anglais que caractérisent une fréquence et une vitesse de marche des trains beaucoup plus grandes qu'en France[1].

Nous dirons en terminant que notre but, en présentant le prix de revient sous une forme qui permet d'apprécier les effets de toutes les conditions variables qui influent sur ce prix : chargement, fréquence et vitesse des trains, importance du trafic, sens du mouvement, nature du matériel, etc., etc., a été surtout de fournir une base sérieuse aux études et aux discussions que soulève la question de la révision et de l'abaissement des tarifs.

Sauf un certain nombre de circonstances spéciales, il est certain que le coût du transport doit être le point de départ de toute tarification logique. A ce point de vue, nous avons l'espoir que cette étude fournira d'utiles renseignements; elle est du reste à nos yeux la préface indispensable de l'examen de notre système de tarifs.

---

1. Voir, au procès-verbal de la séance du 6 août 1869, le résumé d'une note de M. Haughton, sur les résultats de l'exploitation du réseau anglais, en 1867.

(*Bulletin de la Société*, 1869, pages 384 et suivantes.

Paris. — VIÉVILLE et CAPIOMONT, rue des Poitevins, 6.
Imprimeurs de la Société des Ingénieurs civils.

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

(OCTOBRE, NOVEMBRE, DÉCEMBRE 1870)

N° 12

Pendant ce trimestre, les questions suivantes ont été traitées :

1° *Pompes à incendie à vapeur*, par MM. Callon et Monbro, (séances des 15 et 21 octobre, pages 475 et 477).

2° *Inondation de la vallée de la Seine entre Paris Creteil et Choisy-le-Roi*, par M. Després (séance du 21 octobre, page 478).

3° *Potasse contenue dans le suint des moutons*, par M. Clémendot, (séance du 21 octobre, page 479).

4° *Gaz (Approvisionnement du)*, par M. Laming, (séance du 21 octobre, page 480).

5° *Pylone à fourreau suspendu sur une colonne d'air comprimé*, par M. Girard, (séances des 21 et 28 octobre, pages 481 et 494).

6° *Canon à vapeur*, par M. Girard (séances des 21 et 28 octobre, pages 485 et 495).

7° *Mitrailleuse à cheval*, par M. Girard (séance du 21 octobre, page 486).

8° *Décès* de MM. Lefèvre Edmond et Victor Bois (séance du 28 octobre, page 490).

9° *Dynamite* (*Emploi de la*), par M. Brüll (séances des 28 octobre et 9 décembre, pages 491 et 516).

10° *Fortification mobile*, par M. Evrard (séance du 28 octobre, page 492).

11° *Travaux de défense* exécutés prés de Vitry par M. Trélat (séance du 28 octobre, page 496).

12° *Conservation des subsistances*, par M. Émile Barrault (séance du 28 octobre, page 496).

13° *Canon à âme conique et à projectile téliforme*, par M. Prou (séances des 4 et 11 novembre, pages 497 et 502).

14° *Comité civil des moyens de défense*, par M. Émile Barrault (séance du 4 novembre, page 500).

15° *Chaloupe canonnière* du capitaine Farcy (séance du 18 novembre, page 504).

16° *Feu Grégeois*, par M. Decanis (séance du 18 novembre, page 510).

17° *Lunettes* (*Emploi des*) *pour le pointage des canons*, par M. Émile Barrault (séance du 25 novembre, page 510).

18° *Canons* (*Fabrication des*), par M. Jordan (séance du 25 novembre, page 515).

19° *Télémètre répétiteur* de M. Le Cyre par M. Pierre Thomas (séance du 2 décembre, page 516).

20° *Élections* des membres du bureau et du comité (séance du 9 décembre, page 516).

21° *Ballons* (*Direction des*), par MM. Lefrançois, Simonin, Thomas Pierre et Vert (séances des 2, 9 et 16 décembre, pages 516, 517 et 519).

Situation financière de la Société (séance du 16 décembre, page 518).

Pendant ce trimestre, la Société a reçu :

1° *Annales industrielles*, les numéros du quatrième trimestre 1870.

2° De la *Société des ingénieurs civils d'Écosse*, leur bulletin du quatrième trimestre de 1870.

3° De l'institution *of Mechanical Engineers*, les numéros du troisième trimestre 1870 de son bulletin.

4° De la *Société industrielle de Reims*, les numéros de son bulletin de janvier et février de 1870.

5° De la *Revue horticole*, les numéros du troisième trimestre 1870.

6° De la *Gazette du Village*, les numéros du quatrième trimestre 1870.

7° De la *Société des ingénieurs autrichiens*, les numéros 5 et 6 de 1870, de leur *Revue périodique*.

8° Du *Journal Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens*, le numéro 5 de 1870.

9° De la *Société de l'industrie minérale de Saint-Etienne*, le numéro du deuxième trimestre 1870 de son bulletin.

10° Du *Journal d'agriculture pratique*, les numéros du quatrième trimestre 1870.

11° De la *Revue d'architecture*, les numéros 1 et 2 de l'année 1870.

12° De la Revue *les Mondes*, les numéros du quatrième trimestre 1870.

13° Du journal *The Engineer*, les numéros du quatrième trimestre 1870.

14° De la *Société d'encouragement*, les numéros du quatrième trimestre 1870 de son bulletin.

15° De la *Société de géographie*, les numéros du quatrième trimestre 1870 de son bulletin.

16° De la *Société impériale et centrale d'agriculture*, le numéro de mars 1870 de son bulletin.

17° Du journal *l'Invention*, les numéros du quatrième trimestre 1870.

18° De la *Revista de obras publicas*, les numéros du quatrième trimestre 1870.

19° De la *Revue des Deux-Mondes*, les numéros du quatrième trimestre 1870.

20° Du journal *le Moniteur des travaux publics*, les numéros du quatrième trimestre 1870.

21° Du *Journal de l'éclairage au gaz*, les numéros du quatrième trimestre 1870.

22° Du journal *l'Isthme de Suez*, les numéros du quatrième trimestre 1870.

23° Des *Annales du Génie civil*, les numéros du quatrième trimestre 1870.

24° Du *Journal des chemins de fer*, les numéros du quatrième trimestre 1870.

25° Du journal *le Cosmos*, les numéros du quatrième trimestre 1870.

26° Du *Génie industriel*, les numéros du quatrième trimestre 1870.

27° Du journal *la Semaine financière*, les numéros du quatrième trimestre 1870.

28° Des *Annales des Conducteurs des ponts et chaussées*, les numéros du troisième trimestre 1870.

29° Des *Nouvelles Annales de la construction*, les numéros du quatrième trimestre 1870.

30° Du *Portefeuille économique des machines*, les numéros du quatrième trimestre 1870.

31° Du *Propagateur des travaux en fer*, les numéros du quatrième trimestre 1870.

32° Des *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, les numéros du quatrième trimestre 1870.

33° De la *Propagation industrielle*, les numéros du quatrième trimestre 1870.

34° Du journal *Engineering*, les numéros du quatrième trimestre 1870.

35° Des *Annales des ponts et chaussées*, les numéros du quatrième trimestre 1870.

36° *Société industrielle de Saint-Quentin et de l'Aisne*, le quatrième numéro de son bulletin de 1870.

37° *Société académique d'agriculture, des sciences, arts et belles lettres du département de l'Aube*, le tome VII de la troisième série de son bulletin.

38° *Institution of civil Engineers*, le numéro de leurs minutes et Proceddings de 1870.

39° *Société des Ingénieurs anglais*, le numéro de leurs transactions pour l'année 1870.

40° Du *Comité des forges de France*, les numéros 63 à 64 du bulletin.

41° De la *Société industrielle de Mulhouse*, le numéro de juillet 1870 de son bulletin.

42° De l'*Association des anciens élèves de l'École de Liége*, les numéros 5 et 6 de 1870 de son bulletin.

43° Des *Annales des mines*, les numéros des 4e, 5e et 6e livraisons de 1870.

44° De la *Revue universelle des mines et de la métallurgie*, les numéros du quatrième trimestre 1870.

45° De l'*Aéronaute*, bulletin international de la navigation aérienne, les numéros du deuxième trimestre 1870.

46° Du *Moniteur des fils, des tissus, des apprêts et de la teinture*, les numéros du quatrième trimestre 1870.

47° *Société impériale des sciences, de l'agriculture et des arts de Lille*, le numéro du premier trimestre 1869 de son bulletin.

48° *A Magyar Mémök-Egyesület Közlonye*, les numéros du quatrième trimestre 1870.

49° De la *Société des anciens élèves des Écoles impériales d'arts et métiers*, les numéros de son bulletin du quatrième trimestre 1870.

50° De la *Société Vaudoise des Sciences naturelles*, le numéro de juillet 1869 de son bulletin.

51° *Société des Architectes et Ingénieurs du Hanovre*, le numéro 6 de 1869 de leur bulletin.

52° *Société des Arts d'Edimbourgh*, le troisième numéro de son bulletin.

Les Membres admis pendant le quatrième trimestre sont :

MM. Bullot, présenté par MM. Boulogne, Lavessière et Vuillemin.
Fleury, présenté par MM. Bourgeat, Ch. Laurent et Vuillemin.
Ponsard, présenté par MM. Jordan, Muller et Vuillemin.

Comme Membres associés :

MM. Jourdain, présenté par MM. Alcan, Hervey-Picard et Muller.
Le Cyre, présenté par MM. Gerard, Thomas et Vuillemin.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU

IVe TRIMESTRE DE L'ANNÉE 1870

Séance du 15 Octobre 1870.

Présidence de M. VUILLEMIN.

Le procès-verbal de la séance du 1er juillet est adopté.

M. LE PRÉSIDENT annonce que MM. de Laborie, Rancès, Dietz et Ribail ont été nommés chevaliers de la Légion d'honneur.

Il est donné lecture d'une lettre de M. Arson, en date du 9 juillet dernier, par laquelle il informe la Société que l'Académie des sciences vient de décerner un prix Montyon à son travail sur l'écoulement des gaz en longues conduites; travail que la Société des Ingénieurs civils avait déjà récompensé par une médaille d'or.

M. Arson croit que le jugement porté par notre Société a été un puissant appel fait à l'attention de Messieurs les académiciens, et il en tire cette déduction qu'il est redevable au jugement de notre Société de celui de l'Académie.

M. LE PRÉSIDENT rappelle que M. le Ministre des travaux publics ayant accepté le concours de la Société des Ingénieurs civils, pour les travaux de défense et de conservation de la ville de Paris, le 15 septembre dernier il a été adressé à tous les sociétaires habitant Paris une circulaire indiquant la classification des services dans lesquels ils pourraient s'inscrire, en indiquant la nature des travaux dont ils désirent s'occuper spécialement. Un comité institué par M. le Ministre des travaux publics, au Conservatoire des Arts et métiers, est chargé de centraliser les offres de services et de s'assurer des directions dans lesquelles ils pourront être le mieux utilisés.

M. LE PRÉSIDENT constate que plus de 150 sociétaires ont répondu à l'appel qui leur a été fait et que le plus grand nombre est déjà en fonction. En présence d'un tel résultat, M. le Président pense qu'il serait intéressant d'avoir tous les vendredis des conversations sur les événements et sur la part que les membres de la Société prennent dans les travaux exécutés pour la défense de Paris. Cette proposition est adoptée.

M. CH. CALLON rend compte d'une étude dont il a été chargé par la commission

du génie civil, en vue de la préservation des vastes *Greniers d'abondance* établis sur le boulevard Bourdon.

Il s'agit d'alimenter les pompes d'incendie, notamment les grosses pompes d'incendie à vapeur, destinées à préserver ces bâtiments, avec de l'eau prise dans le bassin de l'Arsenal et élevée à la hauteur du boulevard, c'est-à-dire à 9 mètres environ.

Après avoir fixé, par des considérations que nous omettrons ici afin d'abréger, la consommation desdites pompes à 66 litres par seconde, M. Callon a pensé qu'il était prudent de repousser tout projet de machine élévatoire ou nourricière, qui ne pourrait pas fournir un tel produit. Car autrement il serait nécessaire d'établir, entre la machine nourricière et les pompes d'incendie, un ou plusieurs récipients assez grands pour ne pas être épuisés par le fait de l'excédant de consommation des pompes d'incendie, *en tel nombre et quelque temps que celles-ci dussent fonctionner sans interruption.* — Évidemment, il y aurait là un élément inconnu, ou tout au moins très-indéterminé, qu'il convient d'éliminer. M. Callon le prouve, en appliquant quelques chiffres très-simples à la question.

M. Callon expose ensuite qu'il existe dans Paris quelques toueurs puissants, aujourd'hui nécessairement inactifs, dont les machines pourraient fournir la force motrice nécessaire; seulement, comme ces machines ont des transmissions de mouvement retardatrices, il serait indispensable d'y apporter des remaniements plus ou moins importants, plus ou moins longs à exécuter, et qui laisseraient probablement quelque chose à désirer au point de vue des frottements. Aussi, tout en réservant la question de l'emploi de ces appareils pour des occasions moins importantes ou moins urgentes, M. Callon a cru entrer dans les idées de la commission du génie civil, en saisissant l'occasion, qui s'est offerte à lui, de louer à MM. Neut et Dumont un appareil qui répond parfaitement aux conditions du problème posé.

Cet appareil, qui comprend une locomobile de 14 chevaux et une pompe centrifuge pouvant produire facilement le débit précité de 66 litres par seconde, est *installé* et *abrité* sur un bateau fait exprès, lequel sera amarré (sans qu'il soit besoin de rien déranger aux installations existantes) contre le chemin de halage du bassin de l'Arsenal, au droit du pavillon du milieu du Grenier d'abondance.

L'eau sera puisée dans le bief de l'Arsenal; et à cet égard il a été reconnu, par un examen attentif de la question, que ce puisage n'aurait aucun inconvénient, malgré l'abaissement que le niveau dudit bief a éprouvé depuis la coupure de l'Ourcq par l'ennemi. En effet, cet abaissement paraît aujourd'hui arrivé à sa limite, bien que favorisé par la sécheresse qui a appauvri considérablement la nappe d'eau souterraine. D'ailleurs, s'il se produisait à cet égard un inconvénient qui parût sérieux, il serait facile de puiser de l'eau en Seine pour la jeter dans le bief de l'Arsenal et en maintenir ainsi le niveau, soit qu'on employât à cet usage l'appareil même de MM. Neut et Dumont, en raison de sa facilité extrême de déplacement d'un point à un autre du bassin, soit qu'on installât une petite machine *ad hoc* près de l'écluse.

M. Callon fait observer ici que l'administration des eaux de la Ville est disposée à employer un moyen analogue pour renouveler l'eau des biefs supérieurs du canal, qui, depuis la coupure de l'Ourcq, menace de devenir de plus en plus infecte. Plusieurs grands industriels du quartier de la Villette ont déclaré être prêts à seconder l'administration, en mettant à sa disposition leurs pompes et leurs puits; mais quelle que soit la décision qui sera prise à cet égard, l'opération spéciale dont M. Callon rend compte à la Société est tout à fait indépendante de cette question d'infection

plus ou moins grande des biefs supérieurs ; car le bief de l'Arsenal, outre qu'il touche à la Seine, est très-bas et, par suite, très-peu exposé aux diverses causes d'infection qui tendent à souiller les autres biefs. Par conséquent, il n'y aura aucun inconvénient à y puiser pour le service des pompes d'incendie, à la seule condition de munir l'extrémité du tuyau d'aspiration d'une crépine convenable.

Quant au tuyau d'ascension, il s'élèvera verticalement jusqu'à la hauteur du boulevard Bourdon, y aboutira par un tuyau horizontal, muni d'une partie flexible, et débouchera enfin verticalement dans un récipient établi immédiatement au delà du trottoir qui longe le parapet du boulevard.

Ce récipient ne sera autre chose qu'une rigole étanche d'environ 0m.60 sur 0m.80, ayant pour longueur celle des greniers eux-mêmes, et établie le long du trottoir dont nous venons de parler. Cette disposition aura le double avantage de faire disparaître pour ainsi dire toute dénivellation, quelle que soit la position des pompes d'incendie, et de procurer un réservoir d'environ 150 mètres cubes d'eau constamment emmagasinée d'avance, en sorte que les pompes d'incendie pourront fonctionner instantanément sans attendre que la machine nourricière se mette en marche.

Celle-ci sera d'ailleurs constamment maintenue en pression, de manière qu'en quelques minutes et à toute heure du jour et de nuit elle puisse être mise en mouvement, et cela pendant tout le temps qui sera requis.

Ces conditions, ainsi que d'autres inutiles à indiquer ici, ont été acceptées avec le plus louable empressement par MM. Neut et Dumont, qui ont déjà fait leurs preuves dans diverses circonstances, notamment dans l'installation de plusieurs appareils hydrauliques, qu'ils font fonctionner depuis un certain temps, pour le service des fortifications de Saint-Denis.

M. le Président remercie M. Callon de son intéressante communication.

M. Émile Muller rend compte du service qu'il a organisé en vue de l'extinction des incendies et de la préservation des bâtiments en cas de bombardement.

M. Paul donne ensuite quelques détails sur les difficultés qu'il a rencontrées dans l'organisation de son service d'hygiène.

Séance du 21 Octobre 1870.

Présidence de M. Vuillemin.

M. le Président invite M. Moubro à donner quelques renseignements sur les pompes à incendie à vapeur mises à la disposition de la ville de Paris pendant le siége[1].

M. Moubro indique que le comité de défense n'a pas hésité à élucider l'achat de plusieurs de ces pompes à incendie à vapeur qu'on fit venir d'Angleterre. Cinq furent acquises, deux par la ville de Paris, et trois par le Ministère des travaux publics.

1. Nous ne donnons ici qu'un résumé très-court de la communication de M. Moubro qui est insérée *in extenso* dans ce Bulletin page 585.

Il faut ajouter à ce nombre une pompe d'un très-petit modèle spécialement faite sur les ordres de M. Vuillemin, ingénieur en chef du matériel et de la traction au chemin de fer de l'Est. C'est à cette compagnie que revient l'initiative d'avoir introduit dans Paris la première pompe à incendie à vapeur.

C'est le génie civil, placé sous les ordres de M. Villerme, colonel des sapeurs-pompiers, qui a été chargé de fournir un personnel apte à se servir de ce nouveau système. Ces pompes sont alimentées au moyen d'une prise d'eau faite sur les conduites maîtresses de 40 à 50^{cm}, sur lesquelles on a fait placer des prises directes de 8^{cm} et où la charge est à peine de 12 mètres. Le débit a été plus que deux fois suffisant pour alimenter une pompe qui débite environ 1000 à 1200 litres par minute.

Un service de télégraphie a été organisé pour relier entre eux les postes principaux des pompiers avec l'état-major, ainsi qu'avec le service des eaux. Les fils télégraphiques ont été posés dans les égouts. Les pompiers de service sont chargés du soin d'expédier et de recevoir les dépêches. Grâce à l'intelligente classe des hommes qui composent le corps des sapeurs-pompiers, il a suffi de laisser dans chaque poste pendant quelques jours un employé du télégraphe pour qu'ils puissent manipuler très-adroitement les appareils.

M. Monbro indique également qu'à, Paris comme à Londres et en Amérique, on a dû former un personnel de mécaniciens et de chauffeurs, pris d'abord parmi les hommes de bonne volonté, auxquels on a fait suivre pendant trois semaines un cours sous la direction d'un capitaine ingénieur, qui leur a fait connaître toutes les parties qui composent la machine, la chaudière et les pompes.

Enfin, pour traîner les plus grosses pompes, on compte utiliser les chevaux appartenant à la ville de Paris, affectés aux services des arrosements et balayages.

M. Muller demande quel est le prix de ces pompes?

M. Monbro répond que ces prix varient de 8 à 13,000 francs.

On demande quelles sont les mesures prises pour alimenter les pompes à vapeur pendant le siége, alors que l'alimentation de la ville est en partie réduite à la production des puits.

M. Monbro fait observer que les pompes à vapeur ont été placées aux endroits dans lesquels on est assuré d'avoir de l'eau; en ce moment on ne peut pas aller partout, et il y aurait utilité à établir immédiatement des bouches en quantité suffisante.

M. Laming croit qu'il y aurait un moyen d'arriver à l'établissement immédiat de ces bouches, en faisant participer les Compagnies d'assurances dans une large mesure de la dépense.

M. le Président fait remarquer que, pour Paris, la question des pompes à incendie à vapeur est toute nouvelle, et qu'une fois que la ville les aura adoptées, elle prendra les mesures nécessaires pour assurer leur alimentation en cas d'incendie.

On fait observer que, lors du bombardement de Strasbourg, on lançait des bombes incendiaires et des obus en telle quantité, qu'il était pour ainsi dire impossible d'approcher des endroits incendiés et d'y porter des secours.

M. B. Renault conteste cette opinion, par la seule raison que, pendant le bombardement, lorsque plusieurs incendies seraient allumés, il n'y aurait plus de point de mire pour l'ennemi.

M. Després donne ensuite communication de son projet d'*Inondation de la vallée de la Seine entre Paris, Créteil et Choisy.*

Parmi les défenses naturelles d'un pays, il faut compter, comme l'une des plus solides, l'existence d'un fleuve que l'assaillant doit traverser : qu'il soit large ou non, cet obstacle crée à l'armée en pays ennemi l'une des opérations les plus délicates à entreprendre.

L'armée prussienne investissant Paris a prouvé quelle importance elle attachait à cette œuvre, car, probablement étonnée de notre bonne composition, elle s'est hâtée de traverser la Seine à deux endroits différents, de s'établir solidement à Créteil et à Choisy, et elle a ajouté encore à ces précautions la barricade de Pompadour pour garantir ce résultat assurément inespéré. Dès le moment de l'arrivée des Prussiens, M. Després avait pensé au projet qu'il présente. Voyant qu'on n'exécutait rien de semblable, il pensa qu'on réservait à l'ennemi des surprises plus importantes. Actuellement l'ennemi est là : il faut chercher les moyens que la nature peut nous fournir pour le chasser ou entraver ses opérations. Or, si l'on considère le cercle d'ennemis qui environne Paris et les diverses attaques ou reconnaissances que nous avons faites, on remarque qu'il ne nous a pas encore été donné de percer ce cercle, parce que, s'il est un instant entamé, les deux tronçons cherchent immédiatement à se souder à nouveau, et de deux points à la fois les secours arrivent aux Prussiens. Si nous pouvions établir une brèche dans ce cercle, les secours ne pourraient venir que d'un seul côté, tandis que l'autre côté, maintenu immobile ou obligé à un long détour, n'aurait plus la même efficacité. C'est là que réside l'utilité du projet. En effet, nous trouvons que l'étiage de la Seine au pont Napoléon est à 26m.40; l'eau actuelle à environ 27m.40 ; l'étiage à Choisy-le-Roi est à 27m.41 et à Villeneuve-Saint-Georges à 28m.40. Le rail du chemin de fer de ceinture est au pont Napoléon à 38m.91. Il s'agit d'établir à ce pont un barrage élevant l'eau à la cote 35m.00, hauteur qui inondera toute la vallée.

Les moyens d'exécution sont multiples. On peut établir le barrage suivant le projet que M. Després a déposé au ministère. On peut aussi battre un simple rang de palplanches dans chaque arche, l'appuyer par 1 mètre de largeur de sacs de béton immergé, appuyer encore ces sacs de béton par une suite de sacs remplis de terre glaise prise aux buttes Chaumont. Ces deux modes peuvent être exécutés fort rapidement. Dans le premier mode, ce n'est qu'une question de nombre de charpentiers, puisque chaque arche forme un atelier. Dans le deuxième, on peut faire emplir les sacs par la garde nationale et les amener rapidement par le chemin de ceinture secondaire. Si ce second mode était adopté, on continuerait le barrage, en revêtant toujours la face de deux rangs de sacs de béton et faisant le derrière en sacs de terre glaise, et en couronnant ensuite de 5 ou 6 rangs de sacs de béton. Les renards, s'il s'en produisait, seraient facilement étanchés.

Si on craint que le pont Napoléon ne soit pas assez solide, on pourrait établir un second barrage de la moitié de la hauteur au pont de la gare d'Ivry, et ainsi le premier pont serait déchargé de moitié. Ce deuxième barrage aurait l'avantage de créer une immense réserve d'eau pour le cas de bombardement, et l'élévation de l'eau devrait toujours être inférieure au niveau des quais.

Pour ménager l'assainissement de l'eau renfermée dans Paris jusqu'au moment où l'eau atteindrait la cote 35 mètres, on placerait une vanne avec conduit dès l'origine du travail, et au moyen de cette vanne, on pourrait faire toutes les chasses nécessaires et baisser l'eau du barrage lorsque besoin en serait.

Les résultats importants sont ceux-ci : Créteil séparé de Choisy par une nappe d'eau de 4 kilomètres; Villeneuve séparé d'Ablon par une largeur inondée de 1,500 mètres; l'eau refluant dans la plaine au delà de Juvisy et de Savigny. Les ouvrages que l'ennemi a établis pour passer la Seine seraient enlevés par l'inondation. La barricade de Pompadour serait détruite sans coup férir, couverte qu'elle serait de 2 mètres d'eau; toutes les routes qui y convergent seraient inaccessibles à l'ennemi. Enfin, si l'on tentait une grande action par la route stratégique qui est sur le sommet du plateau de Villejuif, on n'aurait à tenir tête qu'aux troupes ennemies venant du côté de Châtillon, tandis que les autres placées à Thiais seraient invinciblement repoussées dans la Seine, sans pouvoir attendre de secours de Créteil, si nous étions victorieux : tout ennemi qui serait là mourrait ou serait prisonnier, et l'on pourrait agir toujours ainsi par tranches toujours repoussées vers cet abîme. On peut ajouter qu'il serait possible de construire, avec les bateaux à vapeur et autres immobilisés à Paris, des radeaux armés de canons comme Grant l'a fait à Richemont, et aller battre Créteil et Choisy, s'avancer même jusqu'à Villeneuve-Saint-Georges. De plus, la nuit, avec des barques montées par nos hardis marins, il serait possible d'aller par cette route silencieuse détruire les ouvrages des Prussiens, et s'avancer petit à petit jusqu'aux vallées de l'Orge et de l'Yvette et de la Juine, etc.; car l'imagination trouverait des résultats à l'infini. Maintenant, si cette route était débloquée, on baisserait un peu l'eau, et les chemins de fer d'Orléans et de Lyon seraient libres et à nous.

M. Després termine en disant qu'il y a quinze jours que la première partie de ce projet a été remise au ministère des travaux publics; il est urgent qu'il soit déclaré bon ou mauvais. Si l'on admet la première supposition, il faut l'exécuter sans nouveau délai; car, en outre des souffrances du siége, de la destruction des communications, les pluies de ces derniers jours et la saison nous avertissent que les moments sont précieux : les travaux seraient difficiles en temps de crue naturelle, tandis que cet événement se produisant après les travaux exécutés, il serait on ne peut plus opportun.

Enfin, ce projet n'a besoin ni du secret ni de la discrétion : nos forts auraient facilement raison d'un pont de bateaux que l'ennemi viendrait établir entre Créteil et Choisy, s'il avait le matériel nécessaire; et il n'est pas au monde de moyen que les Prussiens puissent employer pour s'opposer à cet envahissement de leurs conquêtes, à moins de canonner notre barrage, s'ils le pouvaient, ou bien de venir prendre Paris.

M. le Président demande combien il faudrait de temps, et quelle serait la somme nécessaire pour exécuter ce projet.

M. Després répond qu'il s'engagerait à l'exécuter en douze jours et pour le prix de 200,000 francs environ.

M. le Président prie M. Clémendot de vouloir bien rendre compte à la Société de ses recherches, pour répondre à l'appel fait par le gouvernement de la Défense nationale de recueillir avec soin tous les produits susceptibles de fournir de la potasse.

M. Clémendot croit avoir répondu en attirant l'attention de M. le Ministre des travaux publics sur la potasse contenue dans le suint des moutons.

C'est à MM. Rogelet et Maumené de Reims que l'on doit une industrie mise en pratique par M. Houpaes, et qui consiste à traiter les laines de la Champagne pour en extraire la potasse qui s'y trouve renfermée.

Il a été, en effet, reconnu, que, plus habile en cela que les plus habiles chimistes, le mouton sait séparer la soude de la potasse; il s'assimile en effet la soude, et rejette dans sa sueur, ou le suint, toute la potasse dont la laine se trouve alors imprégnée.

Il s'agissait, dans les circonstances actuelles, de ne laisser passer aucun des moutons qui se trouvent dans Paris, sans leur avoir emprunté le précieux élément qui doit servir a la fabrication de notre principal élément de défense : *la poudre*.

Après avoir signalé ce fait à M. Dorian, ministre des travaux publics, M. Clémendot a reçu de lui la mission de recueillir tous les sels de potasse qu'il pourrait trouver. Il a dû pour cela se mettre en rapport avec les *mégissiers* chargés, en ce moment, de transformer cent mille peaux de moutons en cent mille paletots pour nos soldats; pour cela, il a dû exiger des industriels qu'au lieu de laver les peaux dans les eaux libres de la Bièvre, ils les trempent dans des cuves, d'où, une fois saturées, on pourra recueillir les eaux chargées de sels. Ces eaux ensuite évaporées jusqu'à siccité, le résidu caséiné et brûlé donnera par sa lixiviation tous les produits de potasse, qu'il n'y aura plus qu'à mettre en contact avec le nitrate de soude (produit qui se trouve heureusement en abondance à Paris) pour être transformés en *nitrate de potasse*.

Telles sont les opérations très simples auxquelles il s'agit donc de procéder, et il faut dire que partout M. Clémendot a trouvé le concours le plus actif, le plus dévoué, suscité par le plus ardent patriotisme.

M. Clémendot ne saurait encore énoncer quelles seront les quantités de potasse qu'il lui sera donné de recueillir, mais il se fera un plaisir de communiquer plus tard à la Société les résultats qu'il aura obtenus.

M. Clémendot termine son intéressante communication par un rapprochement singulier, susceptible de donner satisfaction aux imaginations les plus exigeantes. N'est-il pas satisfaisant de penser que la science en est arrivée à tirer ainsi parti des produits offerts par la nature? N'est-ce pas une chose aussi digne de remarque de voir le mouton, l'être le plus inoffensif qui existe, nous apporter les éléments nécessaires à la production de la poudre, après, toutefois, nous avoir nourri de sa chair, et donné par sa toison des vêtements qui mettront nos soldats à l'abri des intempéries.

M. Muller demande quelle quantité de potasse on espère tirer au moyen de ce système.

M. Clémendot répond qu'il lui est impossible de fixer un chiffre quant à présent.

M. E. Barrault indique que la quantité de poudre à canon est très-considérable; il y en a à Paris environ 2,000,000 kilos. Quant à la poudre pour mousqueterie à l'aide des cendres, on croit pouvoir en produire encore 500,000 kil.; on aura donc plus de poudre qu'il n'en sera nécessaire.

M. Clémendot ajoute qu'il y a en ce moment des personnes chargées de gratter des murs salpêtrés, pour se rendre compte de la quantité de salpêtre qu'on pourrait encore recueillir.

M. le Président fait remarquer que l'opinion publique se préoccupe de la question des approvisionnements de gaz, et prie M. Laming de donner quelques renseignements sur ce sujet à la réunion.

M. Laming annonce que l'approvisionnement de houille de la Compagnie parisienne du gaz, qui doit être égal à la consommation de quinze jours (aux termes du cahier des charges de ladite Compagnie) était, au moment de l'investissement de Paris, de 90 jours environ.

Il est encore d'environ 60 jours; mais il n'en est pas moins nécessaire d'apporter la plus grande économie dans la consommation de cet objet, si l'on ne veut pas se voir privé d'éclairage. En effet, même après la cessation du blocus, il s'écoulera un laps de temps assez considérable avant que l'on puisse rétablir les chemins de fer, et les moyens de transport devront être d'abord appliqués à fournir des vivres. On peut craindre que la houille, dont la consommation quotidienne est actuellement de 800 tonnes par jour, ne puisse arriver en quantité suffisante.

Quant au coke, il y a encore 2,500 tonnes de coke métallurgique, ce qui suffit à tous les besoins de défense pour la fonte des métaux; mais le coke de ménage est moins abondant, et doit être également employé avec économie.

M. le Président prie M. Girard de vouloir bien faire connaître à la Société ses différents engins et appareils de défense.

M. Girard donne d'abord communication de son *Pylone à fourreau* suspendu sur une colonne d'air comprimé.

Le pylone en question est un appareil mobile, destiné à élever rapidement un observateur à une assez grande hauteur, 30, 40, 50 et 60 mètres, pour qu'il puisse embrasser un vaste champ d'opérations militaires géodésiques ou autres.

C'est, en quelque sorte, un télescope vertical formé de plusieurs tubes creux s'emmanchant les uns dans les autres, qui peuvent se développer par l'effet d'une pression d'air intérieure. La verticalité est assurée par des haubans convenablement disposés, dont les plus importants sont manœuvrés par un treuil spécial. L'observateur se place dans une lanterne qui surmonte le plus petit tube; le plus gros sert de base à l'appareil. On conçoit que, par le fait de la pression d'air intérieure, les poids de l'observateur et des tubes se trouvent directement équilibrés par une poussée ascendante, en sorte qu'ils n'exercent sur la matière aucun effort de compression capable de faire fléchir une colonne d'une aussi grande hauteur. Au contraire, s'il y a excès de pression d'air intérieure, l'appareil est tendu par un effort de traction, qui a pour effet de le redresser. Tout le problème consistait donc à supporter un poids sur une colonne, en faisant travailler celle-ci à la traction et non à la compression.

Une pompe à air particulière mue à bras d'hommes peut donner rapidement la pression nécessaire pour l'ascension. On peut au besoin y annexer un réservoir accumulateur afin de faire plusieurs ascensions, sans avoir besoin de manœuvrer la pompe chaque fois.

L'emmanchement des tubes les uns dans les autres demande une parfaite étanchéité qui est obtenue par des garnitures de cuir embouti.

Sur l'extrémité supérieure de chaque tube est vissée une boite en bronze contenant un cuir semblable à celui des presses hydrauliques; le cuir est renfermé dans sa boite par un couvercle en forme de presse-étoupe serré à bloc par trois boulons dont les têtes forment les pitons où s'attachent les haubans. L'addition de ce couvercle présente un perfectionnement sur le premier projet, en ce sens qu'il facilite l'emmanchement des cuirs sur de petits diamètres.

A 30 ou 40 centimètres de sa base, chaque tube est muni d'une bague en bronze rapportée et soudée à l'étain, qui vient buter sur le fond de la chambre du cuir, pour limiter la course ascendante du tube. Un cuir est interposé pour éviter le choc tout en formant joint étanche à fin de course.

Dans le premier projet, les tubes étaient complétement ouverts à leur partie infé-

rieure, ce qui rendait la descente et la montée très-irrégulière, surtout pour les petits tubes.

En effet, par suite du frottement des garnitures, toujours plus grand avant qu'après le démarrage, les tubes, une fois partis, s'accéléraient, puisque, comprimant ou déprimant l'air dans une grande capacité, ils ne rencontraient pas immédiatement une résistance suffisante pour les modérer; il s'ensuivait que la montée et la descente se faisaient par secousses et quelquefois avec des chocs assez intenses sur les bagues d'arrêt. M. Girard a remédié à cet inconvénient par des bouchons montés à vis sur la base des tubes, et dans lesquels il perce un petit trou central, d'une section proportionnelle à la section du tube. Ces bouchons sont autant de freins à air comprimé qui produisent une pression ou une dépression toujours opposée à une accélération de montée ou de descente, et donnent une régularité parfaite dans le mouvement. En outre, leur diamètre extérieur est ajusté avec très-peu de jeu dans l'intérieur des tubes pour servir de guide dans la partie emboîtée et maintenir la direction.

Les cuirs emboutis, employés comme garnitures, peuvent avoir l'inconvénient, avec l'air comprimé, de sécher, de se racornir, et par conséquent d'engendrer des fuites que l'on ne peut supprimer qu'en changeant le cuir, travail qui exige un démontage de tube toujours assez long; M. Girard a pensé obvier à cet inconvénient par l'emploi de garnitures d'étoupes, semblables à celles des pistons plongeurs des pompes, qui permettent de supprimer les fuites par le serrage des garnitures, lesquelles peuvent être changées à volonté sur place.

La boîte est soudée sur l'extrémité supérieure du tube; le presse-étoupe, une fois serré convenablement, est maintenu fixe entre les deux écrous que porte chaque goujon. La garniture, proprement dite, est formée d'une base de suif dur sur laquelle reposent deux tresses de coton. Pour éviter les chocs pendant la montée, une bague de caoutchouc est interposée entre la rondelle d'arrêt inférieure du tube intérieur et le fond de la boîte à étoupe du tube supérieur. De même, pour parer au choc dans la descente, une rondelle en caoutchouc est logée extérieurement entre la presse étoupe de chaque boîte et le talon qui forme la partie inférieure de la boîte immédiatement au-dessous, ce qui existe déjà dans le pylone qui a fonctionné au fort de la Briche. Si l'on eût exécuté un deuxième appareil, son intention était de le former de dix tubes de 6 mètres de hauteur chacun, soit 60 mètres de hauteur totale, ou deux fois la hauteur du modèle exécuté. Les tubes auraient été en cuivre jaune de $2^{m}/_{m}$ d'épaisseur; les diamètres consécutifs de ces tubes croissant de $12^{m}/_{m}$, le plus grand aurait eu $208^{m}/_{m}$ extérieur et le plus petit $100^{m}/_{m}$. On aurait pu opérer l'ascension avec une pression de 2 atmosphères 1/2 effectives.

La commission d'étude des moyens de défense a pensé avec raison que le premier pylone exécuté, étant placé à demeure dans un fort, il était nécessaire d'avoir un réservoir ou accumulateur d'air comprimé qui permît de faire à tout moment une ascension rapide; car le plus petit tube n'ayant que $80^{m}/_{m}$ de diamètre, il fallait pour la manœuvre une pression minimum de 4 atmosphères à 4 atmosphères 1/2. Pour un appareil de campagne, le réservoir accumulateur devient un auxiliaire très-embarrassant dont il faut absolument se défaire.

M. Girard désire établir ici qu'il est facile de s'en passer par l'emploi d'un appareil élévateur dont le dernier tube aura $0^{m},100$ de diamètre, alimenté directement par une pompe assez grosse pour refouler, à la *pression suffisante de* 2 *atmosphères* 1/2 *effectives*, le volume d'air nécessaire pour effectuer l'ascension totale à 60 mètres, en 6 minutes ou 360 secondes.

Ce volume est représenté par la section moyenne du tube qui correspond à un diamètre d'environ $150^{m}/_{m}$ sur une course de 60 mètres, d'où :

$$V = \frac{\pi \times 0{,}150^2}{4} \times 60 = 1060 \text{ litres};$$

soit un volume d'air ambiant de $1060^{l} \times 3^{atm},5 = 3710^{l}$, soit par seconde :

$$\frac{3710^{l}}{360''} = 10^{l},3.$$

Admettant une pompe à double effet de $0^{m},200$ de course, un coefficient de volume engendré de 0,9 et un nombre de cylindrées de 60 par minute, le diamètre de cette pompe sera donné par :

$$D = \sqrt{\frac{10^{l},3 \times 4}{\pi \times 0^{m},200 \times 0{,}9}} = 0^{m},170.$$

Le travail à effectuer sur le balancier de la pompe, en admettant que celle-ci donne $0^{m},65$ d'effet utile, sera représenté par :

$$T = \frac{10^{l},3 \times 10^{k},33 \times \text{log. hyp. de } 3{,}5}{0{,}65} = 210^{kg}.$$

Or, un homme qui ne travaille que six minutes consécutives peut pendant ce temps, fournir facilement 17 à 18 kilogrammètres par seconde ; c'est-à-dire que douze hommes manœuvrant la pompe fourniront l'ascension de 60 mètres en six minutes.

Maintenir le pylone constamment vertical à mesure que les tubes se développent est une condition essentielle au bon fonctionnement de l'appareil, ainsi qu'à la sécurité de l'observateur. Or, cette condition ne peut être parfaitement remplie que par des marins habitués à haubaner des mâts, ou mieux encore automatiquement par un treuil à trois tambours solidaires, de même diamètre, se déroulant ensemble de manière à développer chacun la même longueur de corde, pour les trois haubans du tube supérieur. Les trois arbres horizontaux des tambours sont disposés suivant un triangle équilatéral ; ils sont rendus solidaires par deux paires d'engrenages d'angle, l'ensemble est commandé par deux manivelles opposées montées aux extrémités d'un même arbre. Les supports des arbres sont clavetés sur un collier en bronze monté lui-même sur le gros tube formant pied de la colonne.

Les haubans quittant les tambours se dirigent horizontalement suivant des rayons jusqu'à trois poulies de renvoi, fixées sur des poteaux d'attache également distants du pied de la colonne ; de là ils montent jusqu'au sommet du tube qu'ils doivent maintenir.

Pour de faibles hauteurs d'ascension, telles que 30, 40 et 50 mètres, il suffit de guider ainsi le tube supérieur qui maintient toute la verticalité de l'appareil, surtout si on a soin de monter les tubes successivement par ordre de grosseur, en partant des plus forts, et d'amarrer solidement les haubans qui les maintiennent aussitôt qu'ils sont arrivés à fin de course. Pour des hauteurs plus grandes, on pourrait étager des treuils sur la colonne afin de guider automatiquement plusieurs tubes supérieurs. Les étages se commanderaient l'un l'autre par des engrenages droits, d'un rapport convenable pour développer dans le même temps des quantités de cordes proportionnelles aux hauteurs parcourues par chaque tube.

La partie inférieure du plus gros tube est vissée sur un socle ou plateau en bronze

qui, en même temps qu'il sert de bouchon, forme aussi l'assise du pied de la colonne.

Immédiatement au-dessus du socle en question se trouve le robinet de prise boulonné sur le tube : c'est un robinet à trois eaux qui permet l'introduction, l'arrêt complet ou l'échappement dans l'atmosphère.

M. Girard donne lecture des instructions données pour le montage et la manœuvre du pylone établi au fort de la Briche.

On choisira, pour installer l'appareil, un emplacement autant que possible élevé, d'une étendue représentée par un carré de 15 à 20 mètres de côté. Sur le centre de cet emplacement la terre sera légèrement tassée pour servir d'assise à la base du pylone.

Du point de centre occupé par la colonne, on tracera une circonférence de 8 mètres de rayon que l'on divisera en trois parties égales. Chaque point de division sera le centre d'un des poteaux d'attache des haubans. Le treuil sera fixé sur la base de la colonne à hauteur convenable pour les manivelles. Il sera orienté de manière à ce que les axes des tambours soient respectivement perpendiculaires aux rayons passant par les poteaux. Cela fait, il faudra cintrer la colonne, ou plutôt assurer sa verticalité à l'aide des trois haubans fixes qui maintiennent le gros tube. On placera ensuite les haubans supérieurs qui vont des treuils au petit tube, et on les tendra également à l'aide des écrous de rappel de leurs poulies de renvoi. Les haubans intermédiaires en corde sont simplement passés par ordre dans les trous correspondants des poteaux.

Le réservoir d'air sera placé à 1 ou 2 mètres de la colonne, à l'endroit où il sera le moins encombrant pour les haubans. La pompe sera derrière le réservoir. Des tubes en cuivre ou caoutchouc conduiront de la pompe au réservoir et de celui-ci au pied de la colonne.

Pour effectuer une série de trois ou quatre ascensions successives, il est nécessaire d'avoir en réserve dans le récipient d'air une pression de 5 à 5 atmosphères 1/2, pression qui sera obtenue avec la pompe manœuvrée pendant deux ou trois heures d'une manière continue par six ou huit hommes. Pour prévenir les échauffements inhérents à toute compression d'air, ainsi que pour remplir les espaces nuisibles des fonds des cylindres et des boîtes à clapets de la pompe, il faudra aspirer un peu d'eau avec l'air; quelques gouttes tomberont continuellement dans un vase où baignent les tubes d'aspiration.

Une fois la pression obtenue, on peut commencer l'ascension ; l'observateur monte dans la lanterne à l'aide d'une échelle qui est enlevée aussitôt qu'il est entré. Un homme doit être placé à chaque poteau d'attache des haubans, deux au treuil, et le chef de la manœuvre prend en main les robinets d'introduction. Après s'être assuré que le robinet à trois eaux du pied de la colonne est bien fermé en tous sens, il ouvre le robinet du fond du réservoir; puis revenant au robinet à trois eaux, il purge le peu d'eau contenue dans le récipient, afin qu'elle ne s'introduise pas dans le pylone. Une fois l'eau purgée, l'air peut être admis. Le chef de la manœuvre, l'œil fixé sur le manomètre de la colonne, ouvre doucement son robinet à trois eaux, de manière à ce que la pression monte régulièrement; arrivé à 2 atmosphères 1/2, le gros tube commence à monter, entraînant tous les autres avec lui. Les hommes qui sont aux deux manivelles du treuil déroulent doucement et régulièrement en cédant à l'action de tirage qu'ils ressentent de la part des haubans, mais en maintenant ceux-ci constamment tendus. Les hommes des poteaux veillent à ce que les haubans intermédiaires filent dans leurs trous, sans qu'il se produise de nœuds.

Une fois le gros tube arrivé à fin de course, ce qu'indique sensiblement le petit choc du rebord d'arrêt, les haubans qui le maintiennent doivent être aussitôt amarrés par les hommes qui sont aux poteaux et tendus légèrement pour assurer la verticalité. On passe ensuite à l'ascension du tube suivant qui, de même que son précédent, entraîne avec lui tous les tubes qu'il contient.

Le chef de la manœuvre ne quitte pas son robinet d'introduction d'air, qu'il règle de manière à ce que la pression dans la colonne monte régulièrement à mesure que les tubes se développent. Dans tous les cas, il aura soin que cette pression ne dépasse pas 4 atmosphères 1/2 effectives, car elle est plus que suffisante pour assurer l'ascension complète. Le deuxième tube arrivé à fin de course, ses haubans seront amarrés comme il a été fait pour le premier, et ainsi de suite jusqu'au dernier tube, qui est le plus petit. La verticalité de ce dernier sera maintenue en tendant suffisamment les haubans qui s'enroulent sur le treuil, ce qui se fait en forçant sur les manivelles et calant ensuite les engrenages. On aura soin, durant l'ascension, de ralentir un peu le mouvement lorsqu'un tube arrive à fin de course, afin d'atténuer le léger choc de son rebord inférieur d'arrêt contre la boîte du tube immédiatement au-dessous. De plus, on ne laissera monter un nouveau tube que lorsque son précédent sera complétement levé, ce qui est facile en roidissant sur les haubans du treuil. Une fois tous les tubes développés et une pression de 4 atmosphères 1/2 établie dans la colonne, on peut fermer le robinet d'introduction sans crainte de voir descendre les tubes; car, étant tendus par un faible excès de pression, ils forment des points étanches qui s'opposent à toute fuite d'air.

L'observateur peut donc disposer de tout le temps qui lui est nécessaire. Pour opérer la descente, on laisse s'échapper doucement dans l'atmosphère l'air contenu dans la colonne par le robinet à trois eaux, et en même temps les hommes du treuil forcent sur les manivelles pour faire descendre d'abord le dernier tube, c'est-à-dire le plus petit; celui-ci complétement rentré poussera celui qui vient immédiatement au-dessous, et ainsi de suite pour les autres. Aussitôt qu'un tube commence à descendre, les hommes des poteaux démarrent ses haubans et les tirent à eux pour qu'ils ne viennent pas pendre le long de la colonne.

La descente terminée, les robinets d'introduction seront fermés, les haubans amarrés et pliés, et l'échelle replacée pour la descente de l'observateur.

M. Girard indique ensuite un engin qui doit empêcher l'ennemi de battre en brèche nos fortifications, en permettant de lui lancer en quelque sorte une pluie de feu, au moyen de liquide inflammable contenu dans des bouteilles, pour que la combustion se fasse sur les travaux d'approche même de l'ennemi.

Cet engin fut suggéré à M. Girard par la demande que lui fit la Commission des études de défense, instituée par M. le ministre des travaux publics, présidée par M. l'inspecteur général Reynaud.

Cette Commission désirait trouver un moyen de lancer, en cas d'assaut, du sulfure de carbone dans les fossés des fortifications et sur les brèches faites par l'ennemi. Quelques jours après, M. Girard présenta un appareil qui pouvait non-seulement lancer à 30 et 40 mètres des bouteilles pleines du produit en question, mais qui pouvait projeter jusqu'à la distance de 2 ou 300 mètres dans les travaux des parallèles, de façon à ne les casser qu'arrivées à destination.

Cette première disposition consistait dans un appareil analogue à celui des machines à colonne d'eau, composé de piston d'un très-petit diamètre recevant le choc de la poudre, et d'un autre très-grand contenant les susdites bouteilles. Cette dis-

position qui, selon M. Girard, devait parer au choc violent qui se produit au moment de l'inflammation de la poudre, fut de suite adoptée par la Commission; malgré qu'il fût observé qu'on n'avait pas connaissance exacte de la violence quelquefois énorme de ce choc qui pouvait faire craindre pour les bouteilles, on conclut immédiatement pour un essai. Quoique la disposition proposée lui parût pratique, M. Girard éprouvait certaines craintes sur la fragilité du contenu de son nouveau projectile, soumis en contact indirect avec un agent moteur aussi brusque.

Divers expérimentateurs ont trouvé que la pression atteignait un nombre d'atmosphères que l'on se refuse à croire. Dans cette crainte, M. Girard tourna ses vues sur l'emploi de l'air comprimé ou de la vapeur, qui lui paraissait devoir remplir les conditions de douceur de projection qu'il cherchait; et comme, pour se procurer de l'air en abondance à haute pression, il fallait des organes compliqués et l'emploi d'une force considérable que M. Girard estimait cinq ou six fois plus grande que celle qu'il pouvait tirer immédiatement de la vapeur, M. Girard préférait ce dernier fluide, malgré certains inconvénients, largement compensés par la facilité de se procurer immédiatement une très-grande puissance disponible dans le matériel existant des chemins de fer et autres locomobiles locomotives, etc., etc.

M. Girard combina de suite l'appareil pour se servir de la pression moyenne que peuvent donner toutes les chaudières qui fonctionnent dans l'industrie, ne pouvant construire sur l'heure un ensemble de générateurs pouvant donner des pressions capables de lancer, avec une grande économie d'argent, des projectiles spéciaux fragiles, composés de bouteilles, par exemple, à des distances de 1000 à 1200^{m} et plus.

Mais en se servant immédiatement des appareils disponibles, on peut encore lancer ces projectiles à 3 et 400 mètres; distance suffisante pour empêcher d'une manière complète l'exécution de travaux de siége et d'approche.

M. Girard ne doute pas que, quand le moment sera venu de munir nos places fortes d'un système de balistique à vapeur, on ne s'empresse de construire un ensemble de chaudières à très-haute pression, 25 à 50 atmosphères, pour remplacer la poudre par le charbon, du moins pour certains services. L'économie qui en résulterait serait d'une grande importance, puisque un kilogramme de charbon qui coûte cinquante fois moins qu'un kilogramme de poudre, développe une puissance plus grande que deux kilogrammes de cette dernière matière; cette économie dans la défense de nos forteresses pourrait compenser le surcroît de dépenses qu'exigera le canon à double feu, pour lancer des projectiles à des distances qu'aucun moyen connu aujourd'hui ne peut atteindre.

On pourrait donc, par ces deux moyens combinés, tenir l'ennemi à de grandes distances pour empêcher le bombardement des villes; et en cas d'une attaque formidable d'une place, on aurait recours à la puissance de la vapeur pour empêcher l'ennemi d'y entrer.

M. Girard ajoute qu'il restait encore à trouver un engin pour les batailles en rase campagne pour paralyser la mousqueterie ordinaire et l'artillerie, quelque formidable quelle soit.

Pour arriver à ce but, il a pensé qu'une mitrailleuse à cheval pouvait être créée, afin que la cavalerie, qui a fourni de si hauts faits d'armes dans les charges d'autrefois, puisse rendre non-seulement les mêmes services, mais en rendre de plus éclatants encore.

En réfléchissant à la guerre, on s'aperçoit que, pour l'entretenir, il faut arriver à ce

résultat, qu'avec le moindre poids de munition on puisse obtenir un effet utile le plus considérable possible.

M. Girard ne croit pas que ce but soit atteint avec l'artillerie actuelle, dont la somme de poids de munition à transporter dépasse de beaucoup l'effet produit. Il faut donc substituer au gros matériel, qui entrave souvent la marche, un autre matériel plus transportable : pour cela, M. Girard voudrait qu'on puisse non-seulement installer sur la selle du cheval une mitrailleuse spéciale qui pourrait atteindre l'ennemi à une distance de 1200 mètres, ce qui en vaudrait bien 2000 en face de l'infanterie, mais aussi des canons qui pourraient atteindre 2 ou 3000 mètres, ce qui vaudrait bien 4000 mètres en comparaison de l'artillerie ordinaire.

Aujourd'hui que le gouvernement de la Défense s'empresse d'imiter les progrès qu'ont fait les Prussiens dans l'artillerie, on va donc construire des canons pareils aux leurs ; mais tout en approuvant cette décision, n'est-il pas à craindre que les Prussiens, sachant que nous cherchons à les imiter, s'empressent de continuer leur fabrication. Or, comme ils sont mieux outillés que nous et qu'ils ont déjà la pratique de cette fabrication, il est évident qu'ils pourront, dans le même espace de temps, construire deux fois plus de canons que nous. Cette fabrication leur sera d'autant plus facile qu'ils pourront l'entreprendre avec notre argent, au moyen d'impôts successifs levés sur nos grandes villes.

Il est donc indispensable de procéder au plus vite à de nouvelles inventions qui puissent changer l'allure des batailles propice aux canons prussiens.

M. Girard croit qu'il y a urgence à construire des canons portatifs à cheval atteignant de grandes distances, ainsi que des mitrailleuses comme celle qu'il propose avec les perfectionnements dont elle sera susceptible pendant l'exécution.

La mitrailleuse à cheval se compose de 10 canons de fusils chassepot vissés sur une culasse unique, dans laquelle des trous transversaux sont percés dans le prolongement de l'axe des canons, qui est en outre percée dans toute sa longueur d'un trou conique pour l'emmanchement d'un obturateur de même forme ; dans ce dernier sont pratiqués transversalement 10 trous cylindriques pour le passage des cartouches, et autant de trous plus petits pour le passage des aiguilles de percussion. Au moment de charger les canons, on fait glisser l'obturateur longitudinalement dans sa culasse, pour que les trous se trouvent respectivement en face des axes des canons ; puis, une fois les cartouches mises, on ramène l'obturateur à fond, de manière que ce soient les petits trous d'aiguilles qui se trouvent dans les axes des canons. Il est bien évident que, pendant le chargement, les aiguilles sont retirées des trous de culasse de manière à ne gêner en aucune façon ; on verra plus loin le jeu de la batterie de ces aiguilles.

La manœuvre de l'obturateur, sur une course longitudinale de $20^{m}/_{m}$, se fait par un écrou de rappel retenu et guidé, dans son mouvement circulaire sur la culasse, par une rondelle de retenue.

Cet écrou commandé par une manivelle est fileté sur la tige même de l'obturateur ; on empêche celui-ci de tourner par deux vis-ergot ; le pas de l'écrou de rappel devra être assez rapide pour permettre de tirer ou fermer l'obturateur en 4 ou 5 tours de manivelle.

Sur les extrémités (et perpendiculairement à sa longueur) de l'obturateur sont emmanchées deux tiges qui sont solidaires de l'obturateur et qui peuvent, en outre, tourner autour de son axe ; sur les deux tiges coulisse le porte-aiguille, ou barre

d'acier rectangulaire, terminé à ses extrémités par deux douilles sur lesquelles pressent deux ressorts à boudin.

Par cette disposition, le porte-aiguille et l'obturateur sont reliés ensemble dans leur mouvement de transport longitudinal, ce qui assure constamment aux aiguilles leur entrée exacte dans les trous correspondants de l'obturateur.

Le porte-aiguille est muni, dans le milieu de sa longueur, d'une coulisse qui, lorsque les aiguilles sont à fond, traverse à la fois la culasse et l'obturateur; elle reçoit, en outre, l'action constante d'un ressort méplat qui, aussitôt la coulisse sortie de sa rainure (ce qui se fait en tirant les deux manettes), va relever fortement le porte-aiguille en le faisant tourner autour de l'obturateur.

Dans cette position, et après avoir rappelé l'obturateur pour démasquer les trous de culasse, le chargement de l'arme peut s'opérer en glissant successivement les dix cartouches à l'entrée des canons de fusil (ces cartouches sont exactement les mêmes que celles du fusil chassepot); puis l'obturateur est repoussé à fond. On abat ensuite le porte-aiguille, la coulisse bande le ressort méplat, et son extrémité vient s'engager à l'entrée de la rainure où elle se trouve butée par le bouton d'arrêt. Dans cette position la mitrailleuse est armée, prête à être tirée.

On remarquera qu'à ce moment le bouton d'arrêt, quoique sollicité à descendre par l'action du ressort, ne peut cependant le faire, retenu qu'il est par le déclic; mais si, appuyant sur la gachette, on retire le déclic, le bouton d'arrêt va descendre aussitôt, et le porte-aiguille, poussé fortement par le ressort à boudin, va se précipiter contre l'obturateur, entraînant avec lui les aiguilles qui vont frapper à la fois dans le fond des dix cartouches pour les enflammer.

Lorsqu'on relèvera le porte-aiguille pour un nouveau chargement de l'arme, le bouton d'arrêt remontera naturellement sous l'action du ressort qui le presse, de même le déclic viendra s'enclancher de nouveau.

M. Girard fait observer que le ressort méplat agit directement sur l'axe vertical du bouton d'arrêt, condition essentielle pour ne pas obtenir de coincement de celui-ci dans sa faible longueur.

Avant de terminer la description de cette mitrailleuse, M. Girard appelle l'attention des membres de la Société sur les deux tiges venues de forge avec la culasse parallèlement aux canons; c'est par ces deux tiges que sera supportée l'arme, ainsi qu'on le verra plus loin.

Pour que le tir de la mitrailleuse puisse facilement être dirigé sur la plus grande étendue, elle est montée sur une chape à pivot, qui lui permet de prendre un double mouvement d'oscillation sur la chape et de rotation autour du pivot. Cet appareil de suspension est, en outre, disposé pour supporter l'action du recul sans choc et sans fausser la précision du tir. A cet effet, les deux tiges venues de forge, parallèlement aux canons avec la culasse, sont ajustées à frottement doux dans des douilles à tourillons montés sur la chape-pivot; entre ces douilles et les extrémités des tiges sont interposés deux ressorts à boudins, suffisamment puissants pour absorber la quantité de mouvement du recul. Ce ressort pourra être bandé plus ou moins à l'aide d'écrous et d'une rondelle mobile goupillée sur les tiges. Il est évident que pour l'équilibre, la mitrailleuse sera montée de manière à ce que son centre de gravité passe par l'axe du pivot.

Dans l'appareil en question, les 10 balles pèsent ensemble 250 grammes et sont lancées avec une vitesse maximum initiale de 500 mètres, ce qui indique que l'arme

qui pèsera environ 30 kilog. au moment où elle est quittée par les projectiles, aura pris une vitesse de $\frac{500^m \times 0^k,250}{30^k} = 4^m,16$ dans un temps qui sera environ $\frac{1}{500}$ de seconde, et aura parcouru pendant ce temps environ $1^c/_m$. A ce moment les ressorts agissent et doivent éteindre cette vitesse dans un parcours total de l'arme de $0^m,100$; c'est-à-dire que l'effort moyen de la part des ressorts sera de

$$\frac{30^k \times 4^m,16^2}{9,81 \times 2 \times 0^m,100} = 264^k;$$

soit, pour chacun des ressorts, 132 kilog.

Pendant que l'arme se décharge et parcourt, ainsi qu'il vient d'être indiqué, $1^c/_m$ de recul, il est essentiel qu'elle ne dévie pas de la direction du tir. Or, cette direction est assurée par les tiges de suspension, coulissant dans des douilles parallèles aux canons.

Sur le pivot est emmanchée une traverse en bois, qui doit servir à porter, par l'intermédiaire d'arcs-boutants, l'action du recul sur le derrière de la selle.

Pour que l'arme donne son maximum d'effet utile, on conçoit que toutes les balles doivent arriver au but, quelle que soit sa distance pratique, avec un écartement entre elles à peu près égal à la largeur de prise qu'un combattant présente au projectile, soit environ $0^m,500$.

Si les canons étaient montés sur l'appareil avec cette distance, on conçoit qu'il n'y aurait qu'à assurer le parallélisme des canons pour arriver à remplir cette condition énoncée du maximum d'effet. Mais, pour limiter les dimensions de l'appareil on a dû rapprocher le plus possible les canons; ils ne sont distants entre eux que de $0^m,04$.

Il faut donc faire diverger les canons, et cela de plus en plus à mesure que le but se rapproche; de plus, on conçoit que la divergence doit être plus grande pour les canons des extrémités que pour ceux du centre.

Pour cette divergence, on a compté sur la flexion de canons de fusils, flexion qui, vu la forme de courbe qu'elle affectera, sera très-faible et parfaitement praticable, sans risque de détérioration. Pour la produire, il est fait usage d'une vis de pas différent agissant à la fois sur toutes les extrémités des canons, considérés comme encastrés à la culasse. Il faut qu'un seul tour de vis et même un peu moins donne la limite extrême des variations d'écart.

Un cadran gradué et une aiguille fixée à la vis indiqueront les écarts correspondant aux distances du tir ou portées. On conçoit que les pas de la vis ne pourront être déterminés avec exactitude que par l'expérience.

Pour le tir à longue portée, il est nécessaire en outre d'établir une hausse mobile, et on pressent de suite qu'il y a une certaine coïncidence entre les degrés de la hausse et les degrés d'écart, puisque tous deux sont fonction de la distance du tir.

Il était donc naturel que la même manœuvre fît varier ensemble la hausse et l'écart.

C'est pour cela que le guidon ou came-guidon a été monté sur la vis même qui règle l'écart. De même que les pas de la vis, la courbe exacte de la came sera déterminée rigoureusement par l'expérience.

Pour diminuer la flexion des canons, on pourra la reporter dans les deux sens, c'est-à-dire les placer libres de manière à tirer à 600 mètres, puis les faire converger pour une distance plus grande et diverger pour une distance plus faible.

La mitrailleuse, pour répondre à sa qualification de *mitrailleuse de cavalerie*, doit être montée sur le pommeau d'une selle, au-dessus de la tête du cheval, à portée de l'œil et de la main du cavalier. Elle doit être, en outre, supportée solidement et de manière à permettre une manœuvre facile.

Pour cela, la garde d'avant de la selle monte et se recourbe en col de cygne, dont l'extrémité se termine par une douille dans laquelle s'emmanche le pivot de la chape-support.

Ce col de cygne et sa douille forment partie intégrante de la carcasse de la selle.

La garde d'arrière se termine à sa partie supérieure par une traverse cylindrique en bois, à âme d'acier, sur laquelle viennent s'arc-bouter et s'accrocher les jambes de force qui supportent l'action du recul. Comme le poids de la mitrailleuse est porté en avant et qu'il tend à faire basculer la selle de ce côté, il sera bon d'attacher une bride de croupière à la garde d'arrière. De même pour contrebalancer en partie le poids de l'arme, on disposera à l'arrière de la selle une fonte transversale pour contenir les munitions, lesquelles consisteront en 50 ou 60 paquets de cartouches de 10 chacun.

Les jambes de force dont il a été question plus haut sont, comme on peut le voir, articulées sur la garde d'avant et accrochées sur celles d'arrière. Il suffit de les décrocher d'un côté pour monter en selle et en descendre. Pour le reste, la selle est entièrement conforme aux selles ordinaires, et on s'en rapportera au sellier.

M. Girard fait observer cependant qu'il serait à désirer, pour la solidité, que le siége proprement dit soit doublé d'une plaque de tôle convenablement cintrée, qui relierait les deux gardes d'avant et d'arrière en les entretoisant.

Séance du 28 Octobre 1870.

Présidence de M. Vuillemin, *Président.*

M. le Président fait part du décès de MM. Edmond Lefèvre et Victor Bois.

M. Edmond Lefèvre, élève de l'École des arts et métiers, est entré ensuite à l'École centrale d'où il est sorti avec le diplôme d'ingénieur mécanicien. Entré à la Compagnie des chemins de fer de l'Est, en qualité de chauffeur, il est arrivé par son travail à occuper la plus haute fonction; c'est une perte pour la Société des Ingénieurs civils et pour tous ceux de ses collègues qui avaient été à même de l'apprécier.

M. Victor Bois, ancien élève de l'École centrale, a été l'un des fondateurs de notre Société; il a été au début l'un de ses secrétaires les plus actifs : nous pensons ne pas mieux faire que de reproduire ici le discours que M. Tresca a prononcé sur sa tombe.

« Messieurs,

« Au milieu des douleurs de notre patrie, les douleurs privées doivent se taire toutes les fois qu'elles ne sont pas l'occasion de faire connaître de nobles exemples

et d'arriver encore, s'il est possible, à l'abnégation patriotique qui de plus en plus s'empare de l'esprit public de notre grande cité.

« Pour un citoyen que nous perdons, si grande que puisse être cette perte, alors surtout qu'il s'était exclusivement consacré aux plus grands intérêts du pays, son exemple nettement proposé à ses concitoyens devient naturellement l'exemple à suivre; le dévouement qui s'éteint se survit en mille dévouements qui se révèlent.

« Quelle occasion plus triste et plus solennelle pour nous livrer à ces réflexions!

« Victor Bois, qui depuis bientôt trente-cinq ans avait vécu de toutes les préoccupations qui ont constitué la profession, je dirai même, la mission de l'ingénieur civil, arrive à une position de grande influence en un jour de deuil et de réveil.

« Victor Bois nous montre en quinze jours tout ce que cette mission a de forces, lorsqu'elle est mise résolûment au service des besoins les plus sacrés de l'indépendance et de la suprême défense d'un peuple.

« Mais ces quinze jours suffisent pour abattre l'homme : le corps n'est plus, il est frappé au cœur; après avoir été cruellement frappé aussi dans ses plus chères affections de famille, l'âme reste.

« Vous, mes amis, ses anciens camarades, ses confrères en profession, ses frères en patriotisme, vous surtout qui êtes accourus à son appel avec une foi si grande lorsqu'il s'est agi de mettre avec abnégation les ressources du génie civil à la disposition de la patrie en danger, vous sentez tous que, quand il n'est plus là pour nous conduire, il y a pour chacun de nous comme une nouvelle incitation à bien faire, une obligation de plus à accomplir.

« Victor Bois était le meilleur des hommes, bienveillant à l'excès, incessamment occupé à juger comme expert ou comme arbitre de grandes questions d'intérêt public ou privé. Constamment aux prises avec les difficultés et avec les ressources de l'industrie, il apportait dans ces questions difficiles cet esprit de droiture et de jugement ferme, qui est un des apanages de notre profession; cette même netteté avait trouvé d'ailleurs dans ces dernières années de nouvelles occasions de se produire encore, soit à la Société d'encouragement pour l'industrie nationale, soit dans son double professorat de l'École centrale et de l'École d'architecture.

« Je ne veux pas vous retracer autrement sa carrière si bien remplie. Interprète des sentiments de tous, je voudrais être le sien aussi en obéissant à ce qu'il me disait, plein de vie, il y a trois jours à peine : « Ne parlons pas, mais agissons. » Pour agir *il faut* te quitter, cher ami, retourner chacun au poste que tu nous a confié et prendre à peine un instant pour te dire l'éternel adieu. Le temps presse, mais il nous sera cependant permis d'ajouter ceci : le peu de bien que nous pourrons faire ce sera toi qui nous l'auras inspiré. Tu nous as laissés à moitié route; un peu plus loin plusieurs d'entre nous s'arrêteront à leur tour, bien sûrs d'être suivis par notre phalange tout entière qui puisera toujours dans ton souvenir le droit de mourir saintement, avec l'espérance de se consacrer comme toi, et jusqu'au dernier moment, aux intérêts de notre chère France, d'autant plus rassérénée aujourd'hui qu'elle est plus résolue, et qu'elle connaît de mieux en mieux le prix de ses ressources immenses. »

M. Brüll rappelle que, dans la séance du 6 mai 1870, il a déposé sur le bureau, de la part de M. Paul Barbe, membre de la Société, un exemplaire d'une brochure intitulée : La Dynamite, *substance explosive*, inventée par M. A. Nobel, ingénieur suédois.

C'est une poudre brisante à base de nitroglycérine; elle possède la grande puis-

sance de cette huile explosive, sans en conserver les propriétés dangereuses. Ce qui la distingue surtout, c'est de pouvoir s'employer sans confinement ni bourrage.

Il était naturel de penser que cette poudre, encore peu connue en France, pourrait rendre de grands services dans les opérations militaires. Fabriquée en Prusse, sur une très-grande échelle, il était à craindre de la voir employer par l'ennemi.

M. Brüll considéra donc comme un devoir d'entreprendre les démarches nécessaires pour introduire la dynamite parmi les éléments de la défense. Il s'adressa au ministère de la guerre, au ministère de la marine et à bon nombre de commissions. Tout en reconnaissant les propriétés intéressantes de la dynamite, on objecta soit l'inutilité de ce moyen d'action, soit la difficulté de se procurer cette poudre, soit enfin le manque de temps.

Cependant le Comité scientifique de défense, composé en grande partie de savants et de professeurs, saisi de la question il y a environ six semaines, déclara que la dynamite pouvait être avantageusement appliquée, et décida que l'on en fabriquerait à Paris. Ce Comité, purement consultatif, remit à la commission d'armement instituée au ministère des travaux publics le soin de prendre les mesures nécessaires pour assurer cette fabrication ; et c'est ainsi que depuis un mois déjà des essais ont été entrepris, dans le laboratoire d'abord, puis sur un bateau en Seine, pour produire de la nitroglycérine et la mélanger avec une matière absorbante convenable. Ces essais ont réussi, et deux fabriques sont dès à présent établies, l'une aux buttes Chaumont, l'autre au bassin circulaire de La Villette. Ces fabriques pourront donner prochainement une production journalière de deux à trois cents kilogrammes.

Les principaux emplois auxquels on se propose d'affecter la dynamite sont la destruction des murs et ouvrages en maçonnerie, le chargement des projectiles creux, la destruction des canons ennemis et peut être aussi le chargement des torpilles ou fougasses.

Mais il est à croire que la grande force brisante de cette matière explosive, son inaltérabilité sous l'eau et la facilité de son emploi vont permettre d'en faire avec succès des applications plus variées, et aujourd'hui que les membres de la Société, présents à Paris, se sont presque tous consacrés aux soins de la défense, M. Brüll a tenu à leur faire connaître la situation actuelle de la question de la dynamite, afin d'en suggérer l'emploi à ceux qui seraient chargés de quelque travail ou de quelque entreprise militaire comportant l'emploi des poudres brisantes.

M. Brüll remet à la Société, de la part de M. Paul Barbe, une brochure sur la dynamite, traduction avec notes de l'ouvrage de M. Trauzl, officier du génie autrichien. On trouvera dans ce travail les renseignements les plus précis sur la fabrication, les propriétés, les applications et l'emploi de la dynamite.

M. Évrard (Alfred) donne communication de son système de fortification mobile.

Le système que propose M. Évrard, sous la dénomination de *redoute mobile*, est destiné à protéger nos troupes contre les feux de l'infanterie ennemie : il rendra surtout des services dans l'attaque des bois ou des villages qui servent d'abri aux tirailleurs ennemis, et leur ont jusqu'ici permis d'exercer des ravages dans nos colonnes d'attaque exposées à découvert à un tir meurtrier. Il est appelé en même temps à augmenter la confiance de nos tirailleurs, certains de pouvoir, le cas échéant, attendre sous la protection d'une redoute, qui se forme à l'arrière, l'arrivée des réserves de-

troupes de renfort ou de l'artillerie, et assurés également d'être protégés dans la retraite, si la retraite devient nécessaire.

Former instantanément et sans encombrement derrière les premières colonnes d'attaque un rempart mobile à l'abri des feux de l'infanterie, tel était le problème que M. Évrard s'est proposé de résoudre. La solution de ce problème assure également la protection des convois; elle permet d'arrêter dans la défense des villages, des rues, en un mot dans la guerre de barricades les premiers efforts de l'ennemi. Enfin, la redoute mobile est encore appelée à mettre les troupes à l'abri des effets désastreux d'une surprise, d'un coup de main.

Rien encore n'a été fait pour atténuer les effets des nouvelles armes de guerre et des moyens de destruction perfectionnés dont les armées de terre ont été pourvues.

Tandis qu'à côté des perfectionnements apportés dans l'artillerie navale, on protégeait efficacement les navires par une cuirasse métallique, rétablissant ainsi l'équilibre dans les combats sur mer entre l'attaque et la défense, cet équilibre a été rompu pour les armées de terre. C'est ainsi que la campagne de 1870 a donné lieu à des pertes dont on ne trouve aucun exemple dans l'histoire des campagnes les plus meurtrières.

M. Évrard pense donc qu'il est urgent d'entrer au plus tôt dans la voie qu'il ouvre par l'emploi de la redoute mobile; c'est une voie qui sans aucun doute deviendra rapidement féconde en perfectionnements, et il réalise l'idée de la redoute mobile en composant cette redoute de camions plats blindés en tôle de 12 millimètres d'épaisseur, résistant à la balle aux plus faibles portées.

Suivant le grand axe du camion s'élève, au-dessus de la plate-forme, une tôle armée solidement fixée à la traverse centrale, et dont la rigidité est assurée par des cadres triangulaires formés de fers à T et convenablement espacés.

Sous la plate-forme est fixé également de chaque côté, et à une distance des roues suffisante pour ne gêner en rien les mouvements de l'avant-train, un blindage en tôle formant marchepied sur toute la longueur du camion. Les blindages latéraux comme le blindage qui surmonte la plate-forme sont percés de meurtrières.

Sous les blindages latéraux, que M. Évrard appelle les *plates-bandes fixes*, viennent s'articuler des battants qu'on relève en marche et qu'on abaisse lorsque le camion est arrivé à destination, c'est-à-dire à l'endroit où il est appelé à constituer un *élément de redoute*.

Ce système de battants règne sur toute la longueur du camion : il est formé de chaque côté d'une série de volets ayant une longueur de 1 mètre à 1m,20, et qui peuvent être maintenus relevés ou abaissés grâce à un jeu de loquets, car on ne peut songer à donner à chacun des battants latéraux toute la longueur du camion.

Les camions sont également protégés à l'arrière par un blindage.

Tous les camions plats de 4 à 6 mètres de longueur employés par les compagnies de chemins de fer et les entrepreneurs de factage sont susceptibles d'être rapidement pourvus de ce système de blindage, dont le poids n'excédera pas 1,000 ou 1,200 kilogrammes. Ces camions construits pour supporter des charges quatre ou cinq fois plus grandes présenteraient donc toute la solidité nécessaire, et pourraient être facilement enlevés au trot dans les terrains que traverse le matériel d'artillerie.

Il existe à Paris un grand nombre de camions plats; on pourrait aisément en trouver un millier dont la transformation simple et facile fournirait un développement fortifié d'environ *cinq kilomètres*.

Il sera aisé de trouver à Paris dans les stocks en tôle et en larges plats la majeure

partie des blindages nécessaires à la transformation immédiate de tous ces camions; le reste se trouvera dans les vieilles tôles à disposition dans un grand nombre de dépôts.

Ce système permettrait de doter la défense rapidement et à peu de frais (car la transformation d'un camion n'est pas très-coûteuse) d'un matériel puissant.

M. Évrard ajoute que ce matériel n'augmentera en rien l'encombrement inséparable de la marche des armées, car on peut l'utiliser au transport des vivres, des munitions et des blessés, et le substituer ainsi au matériel employé d'ordinaire à ces différents usages.

Ces camions blindés pourront même, le cas échéant, servir au transport des troupes.

Une légère modification apportée à la flèche permettra d'enlever celle-ci par un rapide déclavetage. Une fois les chevaux dételés, les camions se réuniront bout à bout, et l'on pourra de distance en distance ménager dans la ligne blindée des camions *placés en bout*, garnis de leurs attelages, de façon à pouvoir s'enlever tout à coup et être remplacés par des canons ou des mitrailleuses.

La forme rectangulaire des camions se prête d'ailleurs à tous les arrangements et permet de reproduire les différentes dispositions adoptées dans les fortifications.

L'arrivée des camions blindés sur le champ de bataille pourrait se faire par *échelons*.

Cette disposition ne laisse à découvert que les chevaux du premier camion; tous les autres chevaux sont à l'abri des feux de l'ennemi.

M. Évrard n'insiste pas sur les évolutions qui sont du domaine de l'art militaire; la seule indication qu'il donne a pour but de prévenir une objection qu'on pourrait être tenté de faire au premier abord.

Après avoir démontré que le système répond aux exigences du moment, il indique la place assignée dans ses camions blindés aux tirailleurs.

Il divise les tirailleurs en trois séries :

La première série, agenouillée sur la plate-forme, tire par les meurtrières de rang pair;

La seconde série pose un genou sur la plate-bande fixe, et tire par les meurtrières de rang impair;

Les tirailleurs de la troisième série, assis ou agenouillés sous le camion, tirent par les meurtrières inférieures.

Un camion de 4 mètres de longueur (ce sont les plus petits) abritera seize tirailleurs.

Soit : six pour la première série;
six pour la deuxième série;
quatre pour la troisième série.

Un camion de six mètres abritera au moins vingt-deux tirailleurs qui seront plus à l'aise que dans le premier cas.

D'après cela, on voit que 500 camions de 4 à 6 mètres de longueur présenteront un développement moyen de 2,500 mètres, pouvant abriter environ *dix mille tirailleurs*.

M. Girard donne communication du résultat des expériences faites le 27 octobre sur son pylone et son canon à vapeur.

Dans les expériences précédentes, le pylone s'était élevé avec douceur ; mais la descente s'était faite par chocs assez violents. Cette fois, au contraire, l'élévation et la descente se sont opérées avec une régularité qui ne laisse rien à désirer. Les plaques de fond qui ont été placées à chaque extrémité des tubes, en ne laissant ouvert qu'un orifice de 1/300 de celle de la base, annulent toute crainte d'accident dans la manœuvre de montée ou de descente. Ainsi on a pu se rendre compte : 1° que la pression de l'air pour soulever les grands tubes qui portent les tubes successifs plus petits, surmontés d'un poids de 60 kilogr. placé dans la lanterne, n'était que de 2 atmosphères 1/2 effectives, pression prévue dans le projet soumis à la Commission ; 2° que pour soulever le dernier tube il fallait atteindre 3 atmosphères 1/2. Cette dernière pression est nécessitée par suite du diamètre réduit du dernier tube : $82^{m}/_{m}$, au lieu de $100^{m}/_{m}$, que M. Girard n'avait pu obtenir.

M. Girard indique que le jour où il a eu l'approbation de M. le Ministre pour exécuter le pylone, il s'est présenté chez M. Laveissière pour lui faire donner l'autorisation d'aller, dans son usine de Rouen, faire exécuter les tubes de cuivre dont il pouvait avoir besoin pour l'exécution du projet approuvé. Muni d'une lettre de MM. Laveissière, il se disposait à faire le voyage de Rouen lorsque, ce jour même, la voie fut interrompue sur la ligne de l'Ouest. M. Girard ne voulant pas abandonner l'exécution de cet appareil, il parcourut tous les magasins de tuyaux de Paris pour arriver à la construction du morceau de pylone que la Commission a pu voir fonctionner. Il ne regrette qu'une chose, c'est que la Commission trouvera peut-être que le résultat obtenu n'est pas en rapport avec la dépense faite ; mais il a la satisfaction d'avoir fait de son mieux, et il ne croyait pas, avec des éléments aussi imparfaits, arriver à un résultat qui démontre positivement la possibilité de la fonction pratique de cet appareil.

La deuxième expérience a eu lieu sur le canon à vapeur qu'on achevait de monter au moment où la Commission est arrivée.

Après quelques moments d'attente on a pu mettre la vapeur pour un premier essai qui a demandé quelques tâtonnements inhérents à une première mise en train, surtout d'un appareil nouveau.

Il s'est présenté que le projectile ne pouvait être maintenu dans son déclic au moment où on a introduit la vapeur sous lui. Le déclic ayant persisté à ne pas retenir le projectile, la Commission décida de renvoyer à lundi l'expérience définitive.

M. Girard l'a d'autant plus regretté que quelques instants plus tard le projectile fut lancé, et parcourait l'espace qu'il lui avait assigné par avance. En effet, sous l'angle de 20° la projection horizontale a été de 26 mètres, la pression effective était de 1 atmosphère environ ; le calcul indiquait $27^{m},50$. En ce point, le projectile a ricoché et s'est rejeté sur le flanc de la butte de charbon.

M. Girard fait remarquer qu'il a supposé, dans le tracé des trajectoires, que le travail utile de la vapeur devait être le même sous la pression d'une atmosphère que sous celle de 6, 8 et 10 atmosphères, condition de la marche à grande projection. Or, comme l'effet utile de la vapeur est moindre, comme on le sait, sous de basses pressions, il a eu le soin, avant de lâcher la détente, que la pression de 1 atmosphère fût un peu dépassée, dans le but d'atteindre le point calculé d'avance.

M. Girard avoue que, dans un pareil projectile, qui a une forme peu commune, et dont il est difficile de connaître la résistance dans l'air, il ne croyait pas arriver aussi juste.

Dans sa prochaine visite, la Commission se rendra compte que ses prévisions n'ont pas été trompées, et que le projectile pourra parcourir 200 ou 300 mètres avec des pressions de 8 à 10 atmosphères.

M. LE PRÉSIDENT prie M. Émile Trélat de vouloir bien dire quelques mots sur les travaux de défense exécutés près de Vitry.

M. TRÉLAT indique que Villejuif, qui a été déjà le théâtre d'un fait de guerre important et qui est peut-être destiné à servir de base à des opérations plus importantes encore, est flanqué à droite et à gauche de plusieurs retranchements considérables. L'un de ses ouvrages, la redoute des Hautes-Bruyères, est un vrai fort, en état de résister à une attaque sérieuse, et de plus armé pour l'offensive. Quelques grosses pièces de marine à longue portée sont installées depuis plusieurs jours sur les remparts de cette forteresse improvisée. Elles tiennent l'ennemi en respect dans les positions qu'il occupe à l'ouest de Choisy-le-Roi et lui interdisent de s'approcher davantage de nos lignes. Toute une série d'ouvrages plus petits, dont quelques-uns sont achevés aujourd'hui, relient cette grande redoute, située à l'ouest de Villejuif, à celle du Moulin-Saquet, située à l'est, sur le bord du plateau qui domine Vitry. Grâce à cette ceinture de retranchements, la position de Villejuif, que protégeait déjà le fort de Bicêtre, semble être devenue imprenable.

Du reste, Villejuif même est fortifié comme s'il n'était pas défendu par des ouvrages avancés. Plusieurs rangs de barricades bien construites ferment les rues de ce village, où l'on ne voit aujourd'hui pas d'autres habitants que des soldats de toutes armes. Les murs des petits jardins qui l'entourent sont crénelés ou percés de meurtrières. Plusieurs de ses maisons ont été également mises en état de défense et, jusqu'au clocher, toute construction un peu élevée y a été transformée en fortin. Bref on a fait à Villejuif ce que nous avons malheurensement laissé faire aux Allemands dans d'autres villages où ils sont aujourd'hui fortement établis.

Derrière ces barricades et le long de ces murs, les soldats bivouaquent dans les jardins, qui forment ainsi tout un système de petits camps retranchés, communiquant l'un avec l'autre par des brèches étroites, ouvertes dans les clôtures. Avec des planches empruntées aux maisons voisines, avec des barriques vides, des débris de portes, des poutres et de la terre, ils ont bâti partout des abris excellents et des guérites pour les sentinelles.

M. E. BARRAULT a la parole pour donner quelques renseignements sur la conservation des subsistances. Pour la défense de Paris il ne suffisait pas de s'occuper des armes et des projectiles, il fallait aussi prévoir le cas où nos ennemis compteraient sur la faim pour nous réduire ; il a donc fallu s'occuper de la conservation des subsistances. M. Barrault veut parler aujourd'hui d'un des procédés qui ont été employés pendant le siége pour la conservation des viandes.

Il s'agit du procédé de M. Wilson qui a été appliqué en grand aux abattoirs de La Villette. Tout d'abord, les viandes sont découpées convenablement et les morceaux sont posés sur une série de claies en bois à larges ouvertures, permettant à l'air de circuler au-dessus et au-dessous des morceaux qui restent trente-six heures environ à cette exposition pour atteindre l'état de plasticité qui permet la continuation des opérations dans de bonnes conditions.

C'est alors qu'on introduit du sel avec un couteau de bois dans de larges entailles faisant poche, que l'on a pratiquées jusqu'à l'os, puis, cette salaison étant opérée, les

morceaux sont placés dans d'immenses cuves bien étanches, contenant une saumure très-douce amenée à la température de 50 degrés au-dessus de zéro par l'addition d'une quantité suffisante de glace.

L'effet résultant de l'immersion des viandes dans la saumure est une élévation de température, et le préparateur doit veiller avec soin pour ramener toujours la température au-dessous de 12 degrés, ce qui se fait par l'addition de glace, pendant la durée de treize à quatorze jours, temps nécessaire pour que les viandes soient complétement préparées. M. Barrault a pu constater en coupant des morceaux pris les uns au-dessus, les autres au milieu, les derniers au fond de la cuve, que les parties de ces morceaux tranchés n'avaient aucune odeur, que la chair était rouge et appétissante, ferme sous le doigt sans trop de rigidité. Ces viandes salées seront d'un bon secours pendant le siége; M. Barrault a pensé que ces renseignements pourraient intéresser la Société puisqu'ils résolvent le problème intéressant, pour l'industrie en général, d'une préparation faite en été et en peu de temps, tandis que jusqu'à ce jour les salaisons n'ont jamais pu être faites qu'en hiver.

Séance du 4 Novembre 1870.

Présidence de M. Vuillemin.

M. Prou expose les conditions générales auxquelles doit satisfaire une arme à feu bien conditionnée, en vue du *maximum* de la portée, objet fondamental de l'artillerie; et il fait connaître les éléments d'une solution nouvelle du problème, imaginée par lui en 1863, et consignée dans divers paquets cachetés, déposés, à cette époque, à l'Académie des sciences[1].

Si l'on compare, dit M. Prou, la portée effective d'un canon avec sa portée théorique *dans le vide*, on trouve que la première n'excède guère 1/3 de la seconde. Celle-ci a pour formule, comme on sait :

$$A = \frac{V^2}{g} \sin 2\alpha.$$

V, vitesse initiale — $g = 9.8088$, intensité de la pesanteur — α angle du tir, maximum à 45°; d'où $\sin 2\alpha = 1$; et, en faisant $g = 10$, en nombre rond :

$$A = \frac{V^2}{10}.$$

Théoriquement, la portée d'un canon est donc au moins égale au 1/10 *du carré de la vitesse initiale* du projectile. Les pièces de 7, actuellement fabriquées pour la défense de Paris, sous une vitesse initiale de 380 mètres, auront donc une portée

1. Notamment, les 16 mars (n° 2111), 11 mai (n° 2127), 15 juin (n° 2137), 27 juillet (n° 2144), 9 août (n° 2147), 17 août (n° 2148).

théorique de 14,400 mètres au moins. On ne doit guère compter que sur 5 kilomètres.

Sous l'angle de 6°, et avec une charge égale au 1/3 du poids du boulet, les canons français de 8, 12, 16 et 24, porteraient, dans le vide, à 4986 mètres.

Les portées effectives sont seulement de 1615, 1780, 1850 et 2015 mètres.

Pertes de portée 68 p. 100, 64 p. 100, 63 p. 100 et 60 p. 100.

Soit, en moyenne, *deux tiers* [1].

La résistance de l'air est donc la cause principale de la perte de portée du projectile.

Sous les faibles vitesses, cette résistance est proportionnelle au carré de la vitesse initiale; mais elle augmente plus rapidement pour les vitesses supérieures. Elle est d'ailleurs proportionnelle à la *section transversale* du projectile. En réduisant celle-ci de *moitié*, par exemple, on conçoit que la portée pourrait être *doublée*. Cela conduit à donner au projectile, pour lui conserver son poids, une forme cylindrique allongée.

La réduction de la section transversale, dans ces conditions, entraîne un autre avantage. Le projectile allongé pèse plus, par unité de section transversale, que le projectile rond de même poids. Il agit donc sur l'air, à résistance égale, avec une force vive plus considérable; par suite, il doit porter plus loin. Le fait a été remarqué dans le tir des bombes, dont les plus grosses franchissent leur trajectoire avec le plus de facilité. Dans la sphère, en effet, le poids croît plus vite que la section méridienne, et une grosse bombe refoule l'air, par unité de section transversale, avec plus de force vive qu'une bombe de diamètre moindre. C'est pour ce motif, que l'essai des poudres neuves se fait au *mortier-éprouvette*, dont le gros projectile est moins influencé par l'air qu'un boulet de canon [2].

L'allongement du projectile est donc doublement favorable à l'accroissement de sa portée. L'accroissement du poids de la charge serait encore précieux à ce point de vue. Mais, dans le canon cylindrique usuel, cette condition est inconciliable avec la réduction de la section du projectile. Celle-ci, en effet, aurait pour conséquence de réduire le *calibre* de la bouche à feu, et par suite, le poids correspondant de la charge. Ce que l'on gagnerait sur la *résistance* de l'air serait perdu sur la *puissance balistique*. L'âme cylindrique n'est donc pas la plus rationnelle.

Réduire autant que possible la résistance de l'air, et augmenter autant que possible le poids de la charge, pour un projectile de poids donné, telles sont les conditions logiques de la plus longue portée désirable.

Les anciens comprenaient ainsi le problème. La flèche ou le trait, dont l'origine se perd dans la nuit des temps, réalisait à leurs yeux l'idéal du projectile. Dès le quatrième siècle avant Jésus-Christ, ils s'appliquèrent à l'employer sous les plus gros calibres. A la vérité, leurs machines de jet, balistes ou catapultes, ne fournissaient qu'une vitesse initiale médiocre. Celle des balistes d'Archimède, dont parle Athénée, n'excédait pas 45 mètres par seconde, soit 1/10e de la vitesse du projectile creux de notre canon rayé de 16 centimètres. Les balistes romaines avaient une vitesse initiale d'environ 65 mètres. On peut admettre, en moyenne, que la vi-

1. Voir l'*Artillerie de la marine française en 1869*, par M. Gadaud, lieutenant de vaisseau.

2. Les portées des canons de 8, 12, 16 et 24, indiquées plus haut pour charges au $\frac{1}{3}$ du poids du boulet, confirment également ce principe.

tesse initiale des engins de guerre antiques était environ 1/8e de celle de nos canons contemporains. La résistance de l'air à leurs projectiles était donc au plus égale à 1/64e de celle que nous observons aujourd'hui.

Les anciens ne semblent pas s'être préoccupés de la valeur absolue de cette résistance, négligeable pratiquement dans leur artillerie; mais ils en comprenaient parfaitement les effets : « Que l'on prenne, dit Philon de Byzance (deuxième siècle avant Jésus-Christ), deux corps homogènes et de figures semblables, l'un pesant une mine, et l'autre deux mines. Si on les laisse tomber ensemble d'un lieu élevé, je dis que le poids de deux mines sera entraîné beaucoup plus vite : soit parce que, selon quelques physiciens, le poids le plus lourd ébranle et divise mieux le fluide atmosphérique, ou parce qu'il possède une force vive supérieure. En effet, une impulsion plus grande doit augmenter la vitesse de chute[1]. »

Les deux conditions énoncées plus haut ne sont pas les seules à observer pour obtenir, dans un canon rationnel, le *maximum de la portée*. M. Prou aborde la discussion approfondie du problème.

Il expose d'abord les précautions à prendre pour assurer la stabilité du projectile, c'est-à-dire pour le maintenir constamment sur la tangente à sa trajectoire. La condition nécessaire et suffisante, à cet effet, est de placer *le centre de gravité du projectile en avant de son centre de figure méridienne*. Il faut donc que la tête soit plus lourde que la partie postérieure, qui sera tubulaire, tandis que la portion voisine de la pointe doit être pleine et massive. La distance entre les deux centres ci-dessus peut servir de mesure à la stabilité, et par suite à la précision du tir.

La flèche antique remplissait à souhait cette simple condition, par l'excédant du poids de son dard métallique sur le roseau léger de sa tige. En outre, elle ne tournait point sur elle-même.

M. Prou critique le principe de la rotation imprimée au projectile par le canon rayé moderne. Il en retrace l'historique, depuis Robins, ingénieur anglais, inventeur du système au siècle dernier. Pour régulariser les rotations désordonnées que les battements engendrent dans le mouvement du boulet sphérique, et, par suite les déviations qui en détruisent toute la justesse, Robins conçut l'idée d'imprimer au boulet, au moyen d'ailettes guidées par des rayures, une rotation forcée autour de l'axe du tir. Mais il avait compté sans la *résistance.... d'Euler*, qui critiqua vivement le principe de la rotation, en affirmant que l'air atmosphérique amortirait promptement la giration du boulet. L'objection d'Euler n'était pas fondée; elle suffit pourtant à retarder l'application des idées de Robins, qui sont condamnables à divers autres points de vue.

De nos jours, la forme oblongue a succédé, dans les projectiles rotatifs, au boulet à ailettes de Robins. L'excédant de portée obtenu par l'artillerie rayée résulte uniquement de cette substitution. A poids égal, le projectile ogivo-cylindrique a *moins de section* que le boulet sphérique. D'un autre côté, il laisse moins de *vent* dans l'âme du canon; il est moins favorable à la déperdition des gaz de la poudre. Telles sont les seules raisons de la supériorité de sa portée. Quant à la rotation, il est clair qu'elle absorbe une portion notable de la force balistique, qui s'élève jusqu'à 1/3e environ. M. Prou cite, à l'appui de ce chiffre, un calcul déduit par lui des éléments de la rotation du projectile de 7.

En résumé, pour supprimer la *déviation*, Robins a inventé la *rotation* transversale.

2. *Phil. byz.* apud *Math. vet.* Paris, 1693, in-folio, p. 69.

La difficulté d'installer les ailettes sur un boulet sphérique a conduit à l'*allonger* en cylindre. Cet allongement a *réduit la section* transversale et *accru la portée* du projectile; il eût été désirable d'étendre le principe à la limite du possible. Mais la rotation, sans annuler la *déviation* ou *dérive*, qui est aujourd'hui *classique* en artillerie, s'est malheureusement opposée à l'*allongement indéfini* du projectile. On sait, en effet, que non-seulement celui-ci tourne autour de son axe, mais que cet axe décrit autour de la tangente à la trajectoire un mouvement conique, dont l'amplitude est d'autant plus grande, que le centre de gravité du projectile est plus éloigné de la pointe. Il peut arriver alors que la résistance de l'air l'affole complétement, et détruise toute justesse. *La rotation est le plus grand obstacle à l'allongement du projectile* qui, dans l'artillerie rayée, ne dépasse jamais 3 à 3 1/2 calibres. La rotation est un mouvement parasite, qui dépense inutilement de la force, s'oppose à l'accroissement de la portée, sans donner au tir la justesse idéale qui l'a fait admettre dans la pratique. Les projectiles des anciens ne tournaient point autour de leur axe, et l'histoire atteste qu'ils ne déviaient point du plan de tir. Leur précision était mathématique.

M. Prou expose les principes de la construction d'un canon à *âme conique*, inventé par lui en 1863, mais tenu secret jusqu'en ces derniers temps. Le diamètre de la bouche est moindre que celui du tonnerre. La réduction du diamètre de bouche correspond à celle du calibre du projectile. Le diamètre donné au tonnerre est aussi grand que le comporte le poids de poudre que l'on désire employer. Le projectile est en fonte, allongé *en forme de trait*, d'où le nom de *téliforme* que lui donne l'auteur. Il est guidé dans le canon au moyen de pièces de structure particulière, qui ferment hermétiquement l'âme de la pièce, et se déforment au fur et à mesure que le projectile s'éloigne de la culasse. Celle-ci est mobile, de même type que pour la pièce de 7. Le projectile est creux, chargé de poudre comme un obus, et muni d'une fusée de forme spéciale. S'il était allongé à l'instar d'un tube creux, on pourrait le charger de dynamite. Du reste, l'allongement tubulaire est favorable à l'accroissement du poids de la paroi brisée, par rapport au poids de la charge intérieure. M. Prou s'en tient, pour le moment, à des généralités, se proposant de faire connaître, ultérieurement, à la Société le résultat de ses études sur les détails d'exécution pratique du système.

M. Émile Barrault dit ensuite qu'il est très-heureux de pouvoir donner quelques nouvelles rassurantes, sans commettre d'indiscrétions, il désire mettre la Société au courant d'une tentative sérieuse dont le résultat lui paraît des plus importants.

Il est admis généralement en science militaire, qu'une ville assiégée ne peut être délivrée que par une armée de secours, et en fait, il en a toujours été ainsi. Les autorités militaires s'appuyaient sur cet ordre d'idées pour se renfermer dans la défense pure et simple en attendant la formation en province d'armées suffisantes pour débloquer la capitale.

Depuis longtemps nous considérons que le militarisme et la bureaucratie sont la véritable plaie du pays, et que l'esprit civil, dont les preuves sont faites en pratique, peut seul, par son introduction dans les sphères gouvernementales, amener des modifications et un progrès sérieux.

C'est sur ces principes que fonctionne le Comité civil des moyens de défense dont M. Barrault fait partie, et, déjà, plusieurs de ses propositions ont été favorablement accueillies par le gouvernement avec lequel il est en rapport journalier.

M. Barrault veut aujourd'hui donner quelques détails sur une proposition dont on appréciera l'importance.

Si nous sommes forcés d'attendre le concours des armées de province, du moins, grâce aux moyens accumulés dans notre ville, nous pouvons ne pas nous tenir sur une stricte défensive et nous devons occuper les troupes allemandes, en reprenant le rôle qui convient le mieux à notre tempérament militaire, c'est-à-dire l'attaque.

Il s'agissait donc de procéder par offensive, dans le but de gêner les opérations de l'ennemi, son ravitaillement, ses facilités de communication et les travaux déjà établis par lui. Le cercle ennemi qui nous entoure exige un nombre donné de troupes, mais il est évident que si ce cercle devait être plus éloigné de nos murs, il arriverait de deux choses l'une : ou bien, il faudrait employer plus de troupes et par conséquent rappeler celles qui vont lutter contre nos frères de province, ou bien, si l'on conservait le même nombre pour un cercle plus étendu, les lignes seraient moins bien gardées, et nous aurions plus de facilité pour des opérations militaires subséquentes pour notre ravitaillement et en tout cas pour notre correspondance avec le reste de la France.

Il est un point qui, s'il était en notre pouvoir, nous donnerait tous ces avantages. c'est Choisy-le-Roi.

En effet, supposons que nous soyons possesseurs de ce point, l'ennemi devrait forcément faire passer des convois par la route de Palaiseau et Longjumeau, ce qui fait une différence considérable avec la route qu'ils prennent aujourd'hui, celles de Fresnes-les-Kemgis et Choisy-le-Roi. Pour arriver à ce résultat, il suffit de procéder à l'attaque régulière de Choisy-le-Roi, et nous aurons ce phénomème singulier d'assiégés devenant assiégeants et prenant les positions de l'ennemi au moyen de parallèles régulièrement formées.

Quant à la possibilité de l'opération, il suffit de dire qu'elle a été acceptée par le général Tripier et le général Trochu, après toutefois que nombre d'ingénieurs civils ont été appelés à donner leur avis sur le projet, MM. Sauvage, Linard, Maure et De Dion; ce projet, conçu par des ingénieurs civils, a été soutenu par tous les ingénieurs civils qui ont été consultés. Aujourd'hui, la première parallèle est entièrement faite et l'on a commencé la seconde; et, malgré les attaques de l'ennemi qui s'est aperçu de notre dessein et cherche à le contrarier, les travaux avancent régulièrement et seront poursuivis sans pouvoir être empêchés.

En effet, si vous jetez les yeux sur la carte, vous verrez que les points dominants de cette partie sud de Paris sont près du Moulin-d'Argent, dominant l'Hay, Thiais et Choisy-le-Roi et battant Mont-Mesly.

Or, ces points sont dès aujourd'hui dominés par nos batteries et nous pouvons les occuper fortement, de telle sorte que l'Hay et Thiais qui sont en contre-bas pourront être attaqués et pris sans difficulté; il faudra bien alors que l'ennemi évacue Choisy-le-Roi, sinon il y sera écrasé par notre artillerie.

Cette opération sera protégée par les feux du Moulin-Saquet et de la redoute des Bruyères, par ceux du fort de Bicêtre, d'Ivry et de Charenton, mais surtout par les pièces mises en batterie en des points choisis et déterminés, que M. Barrault croit ne pas devoir désigner d'une manière précise.

En somme, nous allons passer de la défensive à l'offensive, c'est un point accepté et décidé; notre première opération sera l'attaque de l'Hay, Thiais et Choisy-le-Roi, et lorsque ce premier succès sera obtenu, nous pourrons procéder par les mêmes

moyens sur d'autres points pour élargir le cercle des ennemis, jusqu'à ce qu'il soit assez affaibli pour qu'il s'ouvre pour ainsi dire de lui-même.

Il s'agit là d'une opération méthodique et non pas d'une sortie hasardée, M. Barrault pense que vous aurez comme lui confiance dans l'opération sur laquelle il est heureux d'avoir pu nous donner quelques détails.

Séance du 11 Novembre 1870.

Présidence de M. VUILLEMIN.

M. PROU demande à donner quelques explications complémentaires, au sujet du système de canon à *âme conique et à projectile téliforme*, décrit par lui dans la dernière séance.

Quelques personnes se sont demandé si la condition de stabilité du projectile sur sa trajectoire, réalisée en plaçant le *centre de figure en arrière du centre de gravité*, n'exige point pratiquement une symétrie parfaite du projectile autour de son axe. Il est presque impossible de fondre un obus absolument centré sur l'axe longitudinal ; son centre de gravité est habituellement situé en dehors de cet axe, et c'est pour corriger cet effet que la rotation a été admise. Dans un projectile sans rotation, si bien pondéré qu'on le suppose le long de son axe, le défaut de symétrie pratique, dans le sens transversal, n'a-t-il aucune influence sur la stabilité longitudinale ? Telle est l'objection qui s'est produite.

M. PROU observe d'abord que les projectiles anciens, beaucoup plus difficiles à fabriquer avec toute la symétrie convenable, n'ont jamais donné prise à une objection de ce genre. Il n'existe point de bois absolument homogène, dépourvu de nœuds et parfaitement rectiligne. Cicéron donne les plus grands éloges au tourneur grec qui, le premier, réussit à tourner une sphère. Une bille de billard bien faite est le chef-d'œuvre de l'art du tourneur. En un mot, il n'existe point d'objet manufacturé où le centre de gravité coïncide rigoureusement avec la position indiquée par la théorie. Les traits des anciennes machines n'en possédaient pas moins une stabilité remarquable.

En 1862, M. Prou a assisté à des expériences faites à Meudon sur des catapultes grecques, reconstruites par M. Verchère de Reffye. Une de ces machines lançait à la fois deux flèches d'environ $1^{m}20$ de longueur, 25^{mm} de diamètre et pesant 300 grammes. Les flèches décrivaient côte à côte leurs trajectoires, sans la moindre altération de parallélisme, jusqu'au point de chute, à 250 mètres environ. Elles se fichaient en terre sous un angle égal à celui du tir. Leur pénétration était si énergique, qu'il fallait deux hommes pour les extraire successivement du sol. Malgré leur faible vitesse initiale (50 à 55^{m} environ), ces flèches n'éprouvaient aucune *déviation* appréciable, provenant de la résistance de l'air, ni aucune *rotation* sur elles-mêmes.

Ainsi, la pratique ne signale aucun inconvénient, au point de vue de la stabilité, dans le défaut de symétrie que peut offrir un projectile. La théorie, d'ailleurs, l'explique de la manière suivante :

Pour fixer les idées, supposons que le *centre de gravité* du projectile allongé, *placé en avant du centre de figure*, comme l'exige le principe de sa pondération dans l'air, se trouve en outre situé, par suite d'un défaut de fabrication, *au-dessous* de l'axe de la figure méridienne. — Sur la section transversale exposée à la résistance de l'air, il se projettera donc *au-dessous* du centre de cette section circulaire. Soit δ la distance de ces deux points ; la résultante de l'action de l'air s'appliquera évidemment au second, et tendra à relever la pointe du projectile, en le faisant tourner autour de son centre de gravité. Soit R cette résultante ; son moment aura pour mesure $R \times \delta$. Et c'est ce moment *qui semble* devoir troubler complétement la stabilité du projectile. Si ω est la section transversale et τ la résistance de l'air par unité de surface, le moment ci-dessus peut encore s'écrire $M = \tau\omega\delta$. Montrons que son effet est très-limité et sans influence sur la stabilité pratique.

Nous voyons d'abord que le moment $M = \tau\omega\delta$ est très-petit, à cause de δ qui, le plus souvent, n'est qu'une fraction de millimètre. Or, dès que la pointe, relevée par l'action de ce moment, commence à présenter de biais à l'air le dessous de la figure méridienne ou la section longitudinale du projectile, celle-ci, à son tour, reçoit de bas en haut, en son centre de figure, la réaction du fluide atmosphérique, qui tend à ramener la pointe à sa position initiale, c'est-à-dire l'axe du projectile sur l'élément de trajectoire. La pointe ne peut donc se relever par l'action de l'air, sans que la même action tende à la ramener à l'équilibre. Et cet équilibre s'établit par la coïncidence, non pas de l'axe de figure, mais de la ligne qui joint le centre de figure au centre de gravité, avec l'élément de trajectoire courante.

M. Prou justifie par des calculs l'énoncé qui précède, prouvant que *l'angle que fait l'axe du projectile avec la trajectoire est fixe*, et habituellement inappréciable à l'œil. Pratiquement, la fixité de l'angle est la condition même de la stabilité du projectile.

L'auteur cite la récente communication de M. Faye à l'Académie des sciences (*séance du 7 novembre* 1870), au sujet de la *dérive* des projectiles. A 7000 mètres, la *Joséphine* de M. l'amiral Labrousse dérive de 300 mètres ; à 8000 mètres, la *dérive* serait de 500 mètres. De tels chiffres sont plus éloquents que toute critique. L'artillerie rayée est un pur *paradoxe*. M. Prou cite, à ce sujet, les réflexions publiées par plusieurs officiers étrangers, Rützky entre autres, qui prévoyait en 1863 (voir *Journal des armes spéciales*, Paris, Corréard, 15 juillet 1863, *p. 91 et suivantes*) la nécessité d'un retour aux véritables principes. L'auteur rappelle, d'ailleurs, que partout, en Allemagne, en Angleterre, en Suisse, le génie civil s'occupe constamment des études d'artillerie. Jusqu'ici, la Société des ingénieurs civils de France les a trop négligées. Sa bibliothèque ne contient pas un seul ouvrage de science militaire. Plus que jamais, le sort des peuples dépend d'un *coefficient de frottement*. M. Prou adjure ses confrères de méditer à fond les réflexions suivantes d'un Grec, d'Héron d'Alexandrie [1], auxquelles les malheurs de notre patrie donnent, après vingt siècles, un cachet de si poignante actualité :

« De tous les problèmes abordés par les philosophes, le plus grand et le plus né-

1. Introduction à la *Bélopée* (*Fabrication des armes de jet*), par Héron d'Alexandrie, *Apud. Math. vet.* Paris, in-folio, 1693, p. 121. — Voir, en outre, le Mémoire lu par M. Prou devant l'Académie des Inscriptions et Belles-Lettres, les 27 mai et 3 juin 1870, sur les *Principes généraux de la construction des engins de l'artillerie gréco-romaine, au deuxième siècle avant J.-C.*

« cessaire à résoudre, c'est celui du maintien de la paix. Jusqu'ici, parmi les maîtres « de la science, la question a soulevé et elle soulève encore une infinité de contro- « verses. Mais de pareilles disputes, purement spéculatives, n'ont, selon moi, aucune « chance d'aboutir. Sur ce terrain, pourtant, la simple mécanique a supplanté la « doctrine. Pour tous, elle a fixé les conditions d'une existence paisible, en lui cher- « chant des garanties dans la sphère la plus modeste de son enseignement, je veux « dire dans les applications de ce qu'on nomme l'*artillerie*. Grâce à elle, en effet, « point d'attaque à redouter, en temps de paix, au dedans ni au dehors ; et, si la « guerre éclate, rien n'ébranle une sécurité fondée sur la *philosophie des machines*... « Il faut donc, en tout temps, y apporter tous les soins, et prendre toutes les me- « sures que suggère la prudence. S'il règne une paix profonde, nul doute qu'elle sera « consolidée encore par l'activité déployée dans les armements, et perpétuée par « cette conviction sereine. D'ailleurs, en face d'un appareil formidable, toute velléité « d'attaque serait paralysée. Que l'artillerie, au contraire, se trouve négligée : la « moindre machination, si faible qu'elle commence, triomphera bientôt d'un État « pris au dépourvu. »

Séance du 18 Novembre 1870.

Présidence de M. VUILLEMIN.

M. LE CAPITAINE FARCY, sur l'invitation de M. le Président, veut bien donner quelques détails sur les essais qui ont été faits sur sa chaloupe canonnière.

Cette chaloupe canonnière, véritable affût flottant, a été construite par MM. Claparède et Cie, à Saint-Denis, sur ses plans. Elle mesure 15 mètres de longueur à la flottaison, et 4 mètres 60 de largeur. Le tirant d'eau en charge est de 1 mètre et le déplacement de 44 tonneaux.

Les formes cannelées de la carène donnent à la chaloupe une vitesse de 6 nœuds sans forcer la machine, malgré la grande largeur, avec deux machines de 5 chevaux nominaux, développant 40 chevaux sur les pistons. Chaque machine fait mouvoir une hélice indépendante. La stabilité est vraiment extraordinaire, puisqu'elle permet de mettre sur une coque complétement vide, pesant 10,000 kilogrammes, un canon du poids de 22,000 kilogrammes (avec son affût), à 25 centimètres au-dessus du centre de gravité.

L'armement consiste en un canon rayé de 24 centimètres, monté sur un affût qu'un mécanisme particulier fait mouvoir avec 5 hommes, chef de pièce compris.

La chaloupe est restée armée pendant plus de deux mois, et a effectué tous ses voyages et ses tirs avec un équipage de 8 hommes, 2 aux machines, 1 aux fourneaux et 5 à la manœuvre de la pièce.

La tôle de la coque a une épaisseur de $2^{m}/_{m}5$; la tôle du pont n'a que 2 millimètres ; elle est renforcée légèrement au portage des circulaires qui soutiennent l'affût.

Un système particulier de construction donne une grande rigidité à cette mince enveloppe, et a permis de supporter sans avarie les chocs du tir avec 24 kilogrammes de poudre et les secousses de la mer par un très-mauvais temps. La chaloupe est insubmersible par le moyen de caissons étanches qui font comme une double enveloppe. Les essais en rivière ont été exécutés sur la Seine en présence des Ministres de la guerre et de la marine.

La chaloupe a évolué très-rapidement avec une ou deux hélices et avec les deux hélices marchant en sens contraire. La manœuvre et la charge de la pièce, ainsi que des simulacres de pointage au moyen des hélices et avec le gouvernail, ont été exécutés et ont donné d'excellents résultats.

Un essai d'embarquement de troupes a été fait avant que le canon fût à bord. On a pu se rendre compte de la facilité avec laquelle on pourrait mettre 250 hommes dans la chaloupe pour opérer un débarquement.

Il restait à exécuter les expériences de tir aux charges de 20 kilogrammes et 24 kilogrammes avec les obus de 100 kilogrammes et les boulets pleins de 145 kilogrammes.

La chaloupe fut envoyée dans ce but à Honfleur. La traversée s'effectua avec une moyenne de 6 nœuds. Les deux machines de la force de celles des canots de 10 mètres de la marine impériale donnent 10 chevaux nominaux développant 40 chevaux effectifs sur les pistons. La consommation de charbon fut de 92 kilogrammes par heure. Une des hélices ayant été cassée par un morceau de bois flottant entre deux eaux, la chaloupe a pu faire 50 lieues avec une seule hélice sans la moindre difficulé; et c'est surtout dans la dernière partie du voyage qu'il fallut faire les manœuvres les plus importantes pour accoster des bateaux ou des quais et prendre quatre fois des pilotes. La marche avec une seule hélice et les mouvements giratoires avaient, du reste, été faits à deux reprises différentes. Arrivée à Honfleur, la chaloupe fut annexée au *Cuvier*, portant le guidon de M. le capitaine de vaisseau Tricault, commandant la division navale du littoral Nord de la France.

D'après les ordres de l'amiral ministre de la marine, une Commission fut chargée de procéder aux expériences de tir à la mer et de constater les qualités giratoires et nautiques ainsi que la vitesse de la chaloupe. Cette Commission était présidée par le commandant Tricault, et composée de M. Guennet, ingénieur de 1re classe de la marine, de M. O'Neil, lieutenant de vaisseau, officier canonnier, et de MM. Cantaloube et de Villeneuve, lieutenants de vaisseau, qui avaient précédemment été embarqués sur des frégates cuirassées armées de canons de 24 centimètres.

La première sortie de la chaloupe eut lieu le 5 août 1869, par une brise de N.-O. O. N.-O. La mer était légèrement houleuse, les navires sous voiles avaient un ris aux huniers; la houle se faisait sentir jusque dans les bassins. La chaloupe s'élevait à la lame avec facilité et n'embarquait pas une goutte d'eau; l'eau se divisait sur l'éperon, montait sur le museau de la partie avant et se déversait comme sur un soc de charrue. La vitesse ne fut pas ralentie par la houle, elle était de 6 nœuds. Les expériences de tir commencèrent par un coup de 10 kilogrammes à poudre qui fit reculer l'affût de $0^m,10$; le deuxième coup à 14 kilogrammes le fit reculer de $0^m,25$; le troisième coup à 20 kilogrammes, de 30 centimètres; le quatrième coup à 10 kilogrammes avec un boulet de 100 kilogrammes a donné un recul de $0^m,35$, le talon du levier du frein n'est pas même venu toucher le buttoir du châssis; le cinquième coup à 20 kilogrammes, avec un boulet de 100 kilogrammes, fit reculer l'affût de $0^m,35$; le levier du frein toucha le buttoir sans le franchir. Le serrage du frein était

à son point de départ; il fut mis au n° 1 pour le coup à 10 kilogrammes avec boulet de 100 kilogrammes, et au n° 2 pour le coup à 20 kilogrammes et boulet de 100 kilogrammes. Le recul de la chaloupe, qui avait été insignifiant aux trois premières charges, fut de 0m,40 avec la charge de 24 kilogrammes sans boulet, et de 0m,70 avec 10 kilogrammes de poudre et le boulet de 100 kilogrammes, de 2m,50 avec 20 kilogrammes et le boulet de 100 kilogrammes. Puis la chaloupe a continué de reculer doucement de 12 mètres en 15 secondes. Aucune partie de la chaloupe n'avait bougé, la peinture même n'avait aucune fissure dans ses joints. L'affût seul avait une agrafe cassée. La chaloupe absorbant une grande partie du recul, l'affût ne reculait pas assez pour que le choc eût le temps d'être absorbé par le frottement du frein; il en résultait un choc assez vif sur les pièces qui supportent la vis serre-frein [1].

Le 6 août, la brume très-intense ne permit pas de continuer le tir ; la Commission procéda à des essais de vitesse et à des expériences giratoires. La vitesse obtenue fut de 6 nœuds 2 ; la chaloupe fit un tour complet (360°) en 1 minute 53 secondes. Le *temps* est le même pour faire le tour avec le gouvernail seul, les hélices marchant en avant, ou avec les deux hélices marchant à contre-bord. Le diamètre du cercle varie seul; il est de 70 mètres environ avec le gouvernail, et de zéro lorsque la chaloupe tourne avec les deux hélices à contre-bord. Dans ce cas la chaloupe tourne littéralement sur place. Avec huit avirons de baleinière, on a pu atteindre une vitesse de 2 nœuds 5 dans un parcours de 35 mètres environ; on eût obtenu facilement 3 nœuds, s'il y avait eu un parcours suffisant pour rendre de l'erre. Avec des avirons appropriés à la chaloupe on aurait une vitesse très-satisfaisante.

Le 7 août, les expériences de tir furent reprises : la mer était belle, le vent d'Est petite brise. Un premier coup fut tiré à poudre à 24 kilogrammes avec 4° d'angle de tir. Le recul de l'affût fut de 0m,40, celui de la chaloupe de 0m,80. Un premier coup, à 20 kilogrammes avec boulet de 100 kilogrammes, sous un angle de tir de 4° sans serrage de frein, donna un recul de 1m,23 pour l'affût et de 2m,30 pour la chaloupe. Un deuxième coup à 20 kilogrammes avec boulet de 100 kilogrammes, sous 0° angle de tir, et le serrage n° 1 du frein, donna 1m,10 de recul pour l'affût et 0m,50 pour la chaloupe. Neuf coups furent tirés ensuite à la charge de 24 kilogrammes avec le boulet de 145 kilogrammes; le recul moyen de l'affût fut de 1m,24 (le plus faible de 1m,21, le plus fort de 1m,25) avec le serrage n° 1 et n° 2 du frein. Celui de la chaloupe fut en moyenne de 2 mètres, puis la chaloupe a continué à courir en arrière de 15 à 16 mètres en 15 secondes; — avec le frein au n° 3, le dernier coup ne donna que 0m,38 de recul pour l'affût. Tous les coups furent tirés, la chaloupe étant stoppée, à l'exception des quatre derniers qui furent tirés, la chaloupe marchant à une vitesse de 1 nœud 5 à 2 nœuds. Le recul de la chaloupe est instantané ; elle est violemment projetée en arrière sans que le choc soit assez fort pour faire trébucher les servants qui sont toujours restés à leur poste. Aucune partie du navire, ni des machines et chaudières ne bougea, l'affût seul fut encore endommagé : la deuxième agrafe eut un morceau cassé.

Les expériences de giration furent renouvelées et s'accomplirent toujours en 1 minute 50 secondes à 1 minute 55 secondes; la vitesse a été trouvée de 6 nœuds à 6 nœuds 6. Un loch a donné jusqu'à 6 nœuds 8, dans les meilleures circonstances, la pression étant à 9 atmosphères, la mer calme, la brise nulle.

1. L'allongement de la brague a supprimé cet inconvénient.

Un essai de giration fut fait à l'aviron et réussit parfaitement; avec 4 avirons seulement, on obtint une vitesse de plus de 1 nœud.

Ces essais terminés, la Commission déclara que la chaloupe pouvait supporter une mer clapoteuse et une houle assez forte, mais qu'il ne fallait pas l'envoyer en pleine mer avec son canon. L'ordre fut donné d'aller débarquer le canon au Havre, et de remorquer la chaloupe à Cherbourg. La traversée s'effectua le 20 août; le *Cuvier* prit les remorques et marcha à toute vitesse, la chaloupe étant aussi sous vapeur. Le loch a été pendant toute la traversée de 8 nœuds 5. La chaloupe gouvernait constamment en route, grâce aux formes de la carène qui empêchent les embardées. Elle montait parfaitement à la lame sans embarquer une goutte d'eau. Au milieu de la traversée, des grains du N. et N.-E. commencèrent à tomber, la mer devint assez forte et il ventait jolie brise de N.-E. à un ris quand on entra à Cherbourg. Ce voyage a pu faire apprécier les qualités nautiques de la chaloupe et a motivé un rapport particulier au ministre.

A Cherbourg, des ordres furent donnés pour réparer l'affût et mettre un canon de 24 centimètres à bord de la canonnière. On changea les deux entretoises, et, à la demande de M. Farcy, on remplaça la brague réglementaire par une brague de $0^m,80$ plus longue, de façon à laisser reculer l'affût de $0^m,40$ de plus [1].

Le 27 août, les réparations étant terminées, M. le capitaine Farcy vint se mettre aux ordres de M. le contre-amiral d'Hornoy, président de la seconde Commission qui devait recommencer les expériences. L'amiral visita la chaloupe et lui fit faire avec une partie de la Commission des expérience de giration autour de la *Savoie*. Différents mouvements furent exécutés avec les 2 hélices, avec une seule et avec les 2 hélices en sens contraire. Après avoir fait tourner sur bâbord avec l'hélice de tribord seulement, on essaya de faire tourner sur tribord avec l'hélice de tribord, c'est-à-dire en sens inverse du mouvement de rotation du couple. La chaloupe tourna parfaitement; seulement le temps de l'évolution fut long, et le diamètre du cercle décrit, qui est de 50 à 55 mètres dans le premier cas, est presque triplé dans le second.

Les essais de tir furent remis au lendemain.

Le 28, à dix heures et demie du matin, la Commission étant à bord, la chaloupe sortit de la rade par la passe de N.-E.; il ventait petite brise, la mer était clapoteuse. Le premier coup fut chargé à obus avec 16 kilogrammes de poudre; la chaloupe étant stoppée, l'amiral fit pointer sur le phare qui se trouve dans le Nord à une vingtaine de kilomètres; le chef de pièce pointa en faisant manœuvrer les hélices; on tira encore quelques coups : la manœuvre des hélices pour le pointage fut reconnue très-simple et très-pratique.

L'amiral essaya ensuite de tirer en marche : la pression étant entre 6 et 7 atmosphères, la vitesse de 5 nœuds 5 environ, le chef de pièce envoya un coup à 16 kilogrammes et un boulet de 100 kilogrammes. Le choc fut à peu près le même que lorsque la chaloupe est stoppée; aucune avarie ne fut constatée dans les machines; la chaloupe, après s'être arrêtée une seconde, continua de marcher en avant. On tira dans les mêmes conditions un coup à 24 kilogrammes et un boulet de 144 kilogrammes; rien ne bougea dans la chaloupe, les machines fonctionnèrent constamment. La secousse ayant fait sauter sur le chauffeur l'eau du cendrier, qui était

1. Les prévisions de M. le capitaine Farcy se sont réalisées; après avoir tiré 10 coups à 20 kilogrammes et 10 coups à 24, sans serrer les freins, l'affût n'avait aucune avarie.

trop rempli, l'amiral fit diminuer la pression, qui fut réglée de 4 à 5 atmosphères. On continua le tir jusqu'au dixième coup. Après avoir tiré 5 coups à 16 kilogrammes et 5 coups à 24 kilogrammes, on commença les expériences de vitesse. Au moment de terminer la deuxième base, une grippure fit casser la tige du tiroir. La brise avait fraîchi un peu et avait fait grossir la mer. Les lames empêchant la chaloupe de prendre de l'erre avec une seule hélice, de façon à donner de l'action au gouvernail, elle ne put pas gouverner en route; la chaloupe de la *Savoie* vint se mettre à bâbord, et, au moyen d'une amarre, elle contrebalança l'effet de l'hélice de tribord. On put ainsi facilement regagner la *Savoie* et de là rentrer dans le port, où la chaloupe continua à gouverner seule, avec l'hélice de tribord. La réparation de la tige du tiroir devant prendre quelque temps, le contre-amiral d'Hornoy donna l'ordre de revenir en rade avec la chaloupe le 31 août. Le 29 août, dans l'après-midi, le vent commença à se lever du N.-E. et fraîchit très-rapidement; à six heures il ventait coup de vent, la mer était très-grosse; le paquebot de Jersey, qui devait rentrer le soir à neuf heures, chauffa toute la nuit et ne put entrer que le lendemain à neuf heures et demie du matin (la brise mollissant généralement un peu dans la matinée). Dans la journée, le vent reprit comme la veille; la mer déferlait par-dessus la digue. Le coup de vent dura jusqu'au 2 septembre au soir. Le 31 août, dans la matinée, profitant du moment d'accalmie, M. Farcy put sortir du port, non sans appréhension, car la mer était très-grosse à l'entrée de la darse. La chaloupe s'élevait très-bien à la lame et gouvernait parfaitement. Elle recevait à tout moment des embruns, mais l'eau n'embarquait pas à bord. La chaloupe gagna la *Savoie* sans difficulté, et l'amiral, qui la regardait venir de son balcon, déclara qu'il était étonné de la rapidité avec laquelle elle était arrivée par une aussi forte mer; il en conclut que la chaloupe ne perdait pas beaucoup de sa vitesse par mauvais temps. L'amiral ordonna d'abord à la chaloupe de parcourir la base en dedans de la digue, à l'abri de la mer. *Elle fit* deux fois les bases et obtint une moyenne de 5 nœuds 2. Puis, voulant profiter de l'état de la mer pour essayer la chaloupe au point de vue des qualités nautiques, l'amiral donna l'ordre de mettre le nez dans la passe du N.-E. A peine débouquée de la jetée, la chaloupe trouva une forte houle, tourmentée par le courant qui était en sens contraire du vent. La chaloupe montait avec légèreté sur le dos des lames, qui n'avaient pas moins de $2^{m},50$ à 3 mètres de creux. La Commission fut tellement étonnée de la façon dont elle se comportait, qu'elle n'hésita pas, après avoir apprécié l'allure vent debout, à laisser porter en travers à la lame le cap au large de la digue. Les mouvements de roulis et de tangage étaient tellement doux que le canon ne bougea pas, quoiqu'il ne fût maintenu que par une simple bridure à deux boucles du pont avec les bouts des palans de côté. Une petite aiguillette était passée autour de la culasse, mais les deux boucles du pont sont tellement près du châssis, que l'aiguillette ne peut pas maintenir la pièce pour le roulis : aussi, après quelques coups de roulis, elle était devenue complétement inutile, par suite du mou qu'elle avait pris. L'armement n'étant que de 4 hommes, les bridures ne pouvaient pas être souquées comme elles le sont par un armement de 12 à 20 hommes. Heureusement les formes de la carène empêchent les mouvements de roulis, et la chaloupe s'élevait à la lame comme un vrai bouchon. La Commission, de plus en plus surprise des qualités qu'elle découvrait, se décida, après avoir couru plus d'un 1/2 mille au large, à laisser porter grand largue pour faire le tour de la digue. Le vent avait fraîchi et la mer déferlait par-dessus la digue. Les lames venaient en mourant lécher le plat-bord arrière, qui n'est qu'à $0^{m},70$ au-dessus de la flottaison, et passaient en dessous

en soulevant la chaloupe, parallèlement à elle-même. La chaloupe mit près d'une demi-heure à faire le tour de la digue (la vitesse était de 4 à 5 nœuds) et rentra en rade par la passe de l'Ouest, au grand étonnement des officiers et des équipages de l'escadre, qui avaient des inquiétudes sérieuses sur son sort et qui attendaient avec impatience son apparition. L'amiral d'Hornoy déclara au capitaine Farcy « que cette fois il avait eu un vrai succès. » On attendit que le coup de vent fût passé pour faire la dernière expérience ; il ne cessa que le 2 septembre. Voici quel était le bulletin météorologique du 1er septembre : vent N.-E., — forte brise, — ciel très-nuageux, — état de la mer assez grosse, — la veille, le mardi, les navires venant en relâche avaient 2 et 3 ris aux huniers; le *Beaumanoir*, brick de guerre, avait 2 ris.

Le 3 septembre, la chaloupe sortit pour recommencer les expériences, qui furent interrompues par un nouvel accident de la tige du second tiroir. Il fallut rentrer pour réparer l'avarie. La tige qui cassait était toujours celle de la machine qui était accostée au quai. On put constater que, la chaloupe étant en contre-bas du quai, elle était couverte par les nuages de sable et de poussière dont le port était couvert pendant le coup de vent. Il était entré chaque fois du gravier dans la lumière qui sert à graisser la tige du tiroir. Cette tige fut brasée une seconde fois, et, le 4 septembre, on put terminer les expériences. Elles commencèrent par le parcours de la base pour mesurer la vitesse. Le temps était beau, la mer très-belle. Le loch maximum ne dépassa pas 5 nœuds 9, c'est-à-dire un nœud de moins que dans les essais de Honfleur. On peut attribuer cette différence à l'état de la carène, qui était très-sale, la couche de minium ayant à peine eu le temps de sécher avant la mise à l'eau. Les hélices ne donnaient pas le même nombre de tours ; celle de bâbord donnait près de 20 tours de moins que celle de tribord. En outre, comme la brague de la pièce avait 8m,80 de plus de longueur que lors des expériences à Honfleur, le canon au recul se trouvait de 0m,40 plus en arrière qu'avec la brague réglementaire. La chaloupe plongeait ainsi sensiblement par l'arrière, de sorte que les entonnoirs situés sous la carène avant faisaient un plan incliné, défavorable à la vitesse, puisque les rainures doivent être parallèles à la direction des filets d'eau.

On procéda ensuite au tir des dix derniers coups de canon. La brise s'était faite vers midi et avait produit un peu de clapotis. L'amiral, après avoir fait tirer le premier coup à 20 kilogrammes en belle, fit pointer en direction, à 2° sur bâbord, la chaloupe en travers à la lame qui venait de tribord. L'affût, en venant au recul, fit incliner la chaloupe sur tribord ; aucun des boulons des nervures de la ferrure porte-pivot ne bougea. Le pointage fut successivement augmenté jusqu'à 7° 1/2, pointage maximum ; l'affût au recul donna 15° de bande à la chaloupe sur tribord, sans qu'il entrât une goutte d'eau à bord. Malgré cette forte inclinaison, la pièce fut facilement remise en batterie par les quatre servants placés deux à chaque manivelle. Après avoir tiré les 5 derniers coups à 24 kilogrammes, l'amiral fit essayer de mettre la pièce en batterie avec deux servants seulement. Cette manœuvre fut exécutée sans difficulté, même par un homme seul. Ce dernier résultat termina les expériences.

En résumé, la chaloupe a satisfait à toutes les conditions qu'elle devait remplir comme navire de rivière et de côtes. Elle a même dépassé le programme et prouvé tout ce qu'on peut attendre de ces formes comme stabilité, solidité et qualités à la mer. Elle a tiré 35 coups de canon, dont 20 à la charge de 24 kilogrammes, sans le secours d'aucun palan ni retenue et avec 4 servants seulement : elle semble donc

avoir résolu, dans son acception la plus large, le problème de l'affût flottant portant la pièce du plus gros calibre existant.

M. Deganis informe la Société qu'il fera des expériences sur le feu grégeois mercredi prochain, à 3 heures de l'après-midi, rue de Vaugirard, 117; il invite les membres présents, à vouloir bien assister à ces expériences.

Séance du 25 Novembre 1870.

Présidence de M. Vuillemin.

M. Émile Barrault est heureux de faire connaître à la Société les études de M. Yvon-Villarceau sur un sujet tout d'actualité.

La question des canons préoccupe à juste titre l'attention publique. Des souscriptions patriotiques affluent de tous les points de Paris, les comités fonctionnent, on y examine les nombreux projets proposés : l'exécution si impatiemment attendue vient enfin d'être entreprise. Toutefois, il est un détail sur lequel la discussion n'a pas été assez vivement engagée, nous voulons parler de l'exactitude du pointage; cela se conçoit si l'on se rappelle l'enthousiasme général avec lequel ont été accueillis les succès de nos artilleurs de la marine nationale. Pourquoi donc, à portée égale de pièces, les artilleurs de l'armée de terre ne réussiraient-ils pas aussi bien que nos marins? Et d'ailleurs, ne serait-il pas possible d'augmenter la précision? Voici la réponse à la première question : les marins passent la plus grande partie de leur temps sur le pont des navires à interroger l'horizon ; dans cet exercice, leurs yeux ont acquis la faculté de voir avec netteté les objets éloignés sans cesser de bien distinguer les objets voisins. On conçoit dès lors qu'ils n'éprouvent aucune difficulté à distinguer simultanément le but éloigné que le projectile doit atteindre et les deux points extrêmes du canon qui forment la ligne de visée. Au contraire, les militaires qui passent leur temps dans les villes de garnison, et dont la vue est limitée par des maisons peu éloignées, ne peuvent généralement pas distinguer les objets lointains avec une netteté suffisante pour le pointage des canons. Comment donc n'a-t-on pas songé à remédier à cette cause d'infériorité des artilleurs de l'armée de terre par l'emploi des lunettes? Les instruments d'un usage si familier aux ingénieurs ou employés secondaires des travaux topographiques résolvent le problème de la manière la plus satisfaisante, et permettent de répondre affirmativement à la deuxième question que nous avons posée, c'est-à-dire d'augmenter la précision du pointage.

L'un des membres de notre académie des sciences s'est occupé, il y a plus de *vingt* ans, pour la première fois, de l'application des lunettes aux canons ; loin de s'en exagérer les avantages, il en a vu les inconvénients qu'il s'est attaché à faire disparaître, et, croyant avoir résolu toutes les difficultés, il fit part, en diverses

circonstances, de ses idées aux hommes du métier qu'il a rencontrés, mais ce fut sans succès.

Peu de temps après les désastres de Reichshoffen, causant avec un de ses confrères, M. X., des causes qui retardent systématiquement les applications de la science aux besoins sociaux, celui-ci lui apprit que les tentatives faites par M. Caron, pour la construction des canons en acier, n'avaient pu vaincre l'inertie de l'administration. M. X. ajouta : « Mais vous ne savez pas ! Les Prussiens ont des lorgnettes méri-« diennes sur leurs canons, avec lesquelles ils pointent à 6" près ; je tiens ce détail « d'un officier d'état-major arrivé ces jours-ci de l'armée de l'Est.—Eh bien ! répondit « notre académicien, il y a *vingt* ans que j'ai fait cette invention ; n'ayant pas réussi « à faire adopter mes idées chez nous, je me trouverais heureux de les voir appli-« quées par les Prussiens, si l'invention n'avait pas été tournée contre la France. » Quelques jours après cet entretien, notre inventeur reçut la visite de M. Léon Cogniet, de l'Académie des beaux-arts, qui, préoccupé des questions de défense nationale, lui fit part de ses propres idées.

Le récit qu'on vient de lire trouva sa place dans la conversation, et l'illustre artiste prit sur lui d'adresser au conseil scientifique, présidé par le Ministre de l'instruction publique, un mémoire où se trouve exposée l'application des lunettes aux canons. D'après le témoignage de l'un des membres de ce Comité, l'idée fut jugée digne d'être proposée au Comité supérieur chargé de prononcer en dernier ressort. Il paraîtrait que les propositions n'ont pas été agréées, puisqu'on se bornerait, suivant la rumeur publique, à des modifications insignifiantes des anciens modèles. L'inventeur fut seulement consulté sur le nombre de petites lunettes qu'on pourrait se procurer à Paris.

La réponse fut, qu'en dehors des magasins des nombreux opticiens de la ville de Paris, on en pourrait trouver dans les principales administrations, telles que le bureau de la voirie et les bureaux des ingénieurs des Compagnies de chemin de fer.

L'idée nouvelle se trouvait d'une part justifiée par des considérations théoriques et pratiques, d'autre part elle avait la sanction de l'expérience réalisée par les Prussiens ; mais voici ce que nous apprenons encore : Un officier de génie, bien connu par ses travaux topographiques, reconnut également de son côté la possibilité de tirer un parti utile des lunettes appliquées aux canons ; il proposa et obtint de faire à l'arsenal de Bourges les expériences nécessaires. Ces expériences, exécutées il y a environ six ans, ont parfaitement réussi ; le rapport où elles sont consignées a été adressé au Comité d'artillerie qui, sans doute, n'a pas jugé utile d'en tirer parti. Il semblerait, d'après cela, que les Prussiens ont eu réellement tort d'adapter les lunettes à leurs canons et que les yeux de nos artilleurs peuvent défier les meilleures lunettes ; il ne resterait qu'à passer condamnation sur une question jugée. Tel n'est pas notre avis. Le Gouvernement de la défense nationale ne peut manquer de débarrasser des entraves administratives la marche des affaires qu'il dirige, et nous prenons sur nous d'exposer une fois de plus une idée dont l'importance a pu être appréciée déjà par ce qui précède.

Sans plus de détail, pour l'instant, disons que le canon ayant reçu sa charge, la lunette se pose sur la pièce parallèlement à son axe et y prend une situation relativement fixe : l'opération du pointage étant effectuée de la manière qui va être décrite, le pointeur enlève la lunette pour la soustraire aux effets destructeurs du recul (dérangement des pièces, sinon rupture des verres ou des fils réticules).

La fixité permanente de la lunette sur le corps de la pièce constituait un grave inconvénient qu'une manœuvre extrêmement facile fait disparaître entièrement.

Le mode le plus simple d'adapter la lunette sur le canon est celui qui a été expérimenté à Bourges : la lunette portant vers les extrémités deux collets cylindriques, on dispose deux supports en forme de V le long de la pièce, de manière que les collets de la lunette puissent s'y appliquer. Dans cette disposition, la lunette ne peut recevoir aucun mouvement par rapport à la pièce, et ce système ne peut convenir que dans le cas du tir presque rectiligne; il ne serait d'aucun usage pour le tir suivant des trajectoires courbes comme celles des bombes ou même des obus.

Une autre disposition plus compliquée, celle imaginée il y a vingt ans et mise en pratique par les Prussiens, consiste à adapter à la lunette un axe transversal terminé par des tourillons. La lunette est ainsi comparable à l'instrument que les astronomes appellent lunette méridienne. Les tourillons sont reçus par des supports en forme de V qui sont placés latéralement à droite et à gauche du corps de la pièce. En donnant à ces supports une hauteur convenable, on peut incliner l'axe de la lunette sur celui de la pièce, au moyen d'une vis placée vers l'une des extrémités de la lunette, vis qui fait fonction de hausse et permet de tirer sous de grandes inclinaisons par rapport à l'horizon.

Comme dans le niveau à bulle d'air, la lunette est munie d'un réticule présentant une croisée de fils; la plaque du réticule est réglée de position dans le sens horizontal et dans le sens vertical au moyen d'un système de vis butantes.

L'une et l'autre des dispositions relatives aux supports de la lunette permettra l'emploi des procédés ordinaires de pointage, et le recours à ces procédés est même indispensable pour amener dans le champ de la lunette l'image du but à atteindre.

Indiquons actuellement le mode de réglage de la lunette, et considérons le cas le plus compliqué, celui où l'appareil est disposé à la manière des lunettes méridiennes, le réticule étant supposé consister seulement en deux fils, l'un horizontal et l'autre vertical.

Soit un but B placé à une distance connue, telle que 2 à 3 kilomètres, et proposons-nous de régler le réticule pour cette distance (nous dirons plus loin comment le résultat obtenu, conviendra encore pour le pointage à toute autre distance). Le réglage comprendra deux opérations distinctes.

Première opération. — On visera le point B au moyen de la ligne de mire ordinaire et la lunette sera placée sur le canon. On se servira de la vis adaptée à la lunette et faisant fonction de *hausse*, pour amener l'image du but B sur le fil vertical. Dans ces conditions, l'axe optique de la lunette sera rendu parallèle ou à peu près parallèle à la ligne de visée à l'œil nu, et les choses seront disposées de manière à pouvoir, comme il a été dit, amener facilement le but B dans le champ de la lunette. En employant l'appareil dans ces conditions, on n'aurait pas plus de précision que par le procédé ordinaire, mais déjà toute personne habituée à mettre une lunette au point serait un pointeur aussi habile que nos marins.

Deuxième opération. — On choisit un temps assez calme pour n'avoir pas à s'occuper de la déviation produite par la vitesse du vent. Ayant chargé la pièce, dirigé à la vue simple son axe sur le but B, on posera la lunette sur la pièce, et on donnera à celle-ci les mouvements nécessaires pour amener l'image de B à la croisée des fils, puis la lunette étant enlevée, on mettra le feu : ce projectile atteindra le

point B' différent du but B, et l'on marquera ce point B' sur le terrain. Ceci posé, pointons de nouveau la pièce sur B comme il vient d'être dit : la pièce se trouvera exactement dans la même position où elle se trouvait quand on a tiré, et, toutes choses égales d'ailleurs, un nouveau projectile atteindrait alors le point B' : donc, si l'on déplace le réticule au moyen de vis butantes, de manière à mettre l'image du point B' à la croisée des fils, le pointage effectué avec le réticule ainsi réglé permettra d'atteindre le point B', ce qui est la solution du problème.

Dans le plus grand nombre de cas, la précision ainsi obtenue serait plus que suffisante; néanmoins, si l'on jugeait convenable de donner à quelque pièce de canon une précision exceptionnelle de pointage, voici comment on y parviendrait. Au lieu de régler le réticule après le premier coup, on tirerait de la manière indiquée un certain nombre de coups, et à cause des diverses circonstances accidentelles qui pourraient modifier le tir d'une même pièce, les projectiles, au lieu d'atteindre un même point B, atteindraient divers points B' B'' B'''. Ces points étant tous marqués sur le terrain, on en prendrait la position moyenne ou le centre de gravité, et ayant placé un signal à ce centre, on se servirait de ce signal pour régler le réticule comme il a été dit à l'égard d'un point unique B.

Remarques. — 1° *Déviations latérales, dépendantes du sens de la rayure de la pièce.*— Il est évident que le mode de réglage décrit tient compte de cette déviation, du moins pour la distance à laquelle on a opéré.

Ajoutons que, si cette déviation est proportionnelle à la distance, comme cela est admissible dans des limites très-étendues, le même réglage convient à toute distance comprise entre ces limites.

2° *Réticules.* — Nous avons indiqué un réticule composé d'une simple croisée de fils, en vue de rendre l'exposé précédent plus intelligible; mais, dans la pratique, il conviendra pour plusieurs motifs de le remplacer par une plaque de verre à faces parallèles sur laquelle on tracera des lignes à angle droit. Avec une telle plaque, on n'aura pas à redouter que les fils viennent à se détendre ou à se rompre comme il est arrivé par des changements de température ou d'humidité. En second lieu, on y pourra multiplier les lignes tracées dans le sens horizontal et y graver des chiffres (la face du verre ainsi gravé devra être tournée préférablement du côté de l'objectif). Voici l'utilité des lignes horizontales. Les règles du tir à diverses distances font connaître les angles compris entre la ligne de visée et l'axe de la pièce; on en déduira les angles de ces lignes de visée avec celle correspondante à la distance connue, sous laquelle les expériences de tir ont été faites; les longueurs des arcs mesurés par ces angles, dans un cercle ayant pour rayons la distance focale de la lunette, exprimeront précisément les distances auxquelles il faudra mener, sur la plaque de verre du réticule, les parallèles à la droite horizontale qui serviront au pointage de ces diverses distances; en sorte qu'à l'aide de ces parallèles le long desquelles les chiffres exprimant les distances seront gravés, on supprimera l'emploi de la hausse, et la rapidité du tir en sera notablement augmentée. La part des déviations dans le sens vertical étant ainsi faite, il reste encore à tenir compte de certaines déviations horizontales; par exemple, nous avons supposé la grandeur linéaire de la déviation horizontale provenant du sens de la rayure proportionnelle à la distance; si cette hypothèse n'est pas suffisamment exacte, il y aura lieu de corriger l'erreur qui en résulte; d'autre part, il faut tenir compte de l'action du vent : l'effet angulaire de ces deux causes étant censé connu pour chaque distance, on fera la somme

de ces deux effets en affectant un signe convenable à chacune d'elles, et le résultat se traduira par une distance linéaire horizontale qui pourrait être marquée sur le réticule par une ligne verticale; mais pour ne pas produire une confusion de lignes, il paraît suffisant de s'en tenir à un système de quatre ou cinq lignes horizontales et d'une seule ligne verticale centrale. En donnant à la plaque de verre la forme de carré ou même d'un rectangle, il suffirait de marquer sur les bords supérieurs et intérieurs de la plaque un certain nombre de traits courts qui ne gêneraient pas la vision. La forme rectangulaire doit être préférée à la forme circulaire que l'on donne habituellement à l'ouverture du champ des lunettes, attendu que l'on aura à faire usage des lignes horizontales voisines des limites du champ.

3° *Tir à bombes et obus.* — Dans ce genre de tir, l'inclinaison de la ligne de visée à l'axe de la pièce excède notablement celui du champ d'une lunette grossissant dix à quinze fois; dans le mode de pointage que nous avons décrit, le but à atteindre sortirait du champ de la lunette. Pour obvier à cet inconvénient, l'emploi d'une vis de hausse ou d'un bras de levier divisé est indispensable. C'est ce motif qui nous fait préférer l'emploi de la lunette méridienne à celui de la simple lunette. La vis de hausse étant munie d'un tambour divisé, sur lequel les distances sont inscrites, il conviendra, pour plus de simplicité, d'employer toujours le fil horizontal, celui du milieu par exemple, pour le tir des bombes ou obus.

4° *Emploi de la lunette simple ou portée par des supports disposés longitudinalement.* — L'axe de cette lunette restant fixe par rapport à la pièce et la vis de hausse n'existant pas dans ce cas-là, le réglage du réticule dans le sens vertical se fixe simplement au moyen des vis butantes du réticule.

5° *Figure des supports de la lunette.* — Nous avons donné à ces supports la forme d'un V; ajoutons qu'il conviendra, pour maintenir la situation de la lunette invariable par rapport au canon, de pratiquer sur les faces du V, à l'aide d'un rôdoir, de légères entailles cylindriques; on évitera ainsi l'usé inégal de ces surfaces. Il conviendrait également de faire venir des supports à la fonte en même temps que la pièce : en effet, le simple montage à l'aide de vis ne suffirait probablement pas à éviter de très-légers glissements qui surviendraient par l'effet du recul. Si les supports ne sont pas venus de fonte avec la pièce, on pourra recourir utilement à une bonne soudure combinée avec l'emploi de fortes vis. De même que l'on protége l'intérieur d'une pièce non en service, au moyen d'un obturateur, on pourrait disposer les supports de la lunette pour recevoir un couvercle facile à enlever ou à mettre en place; ce couvercle protégerait les surfaces du support contre les altérations diverses que l'on peut redouter dans les manœuvres étrangères au tir proprement dit.

6° *Du nombre d'hommes auquel pourrait être confié le service du réglage des lunettes.* — Il suffirait que deux hommes par batterie fussent mis en état d'effectuer cette opération, et si l'on songe au nombre considérable de conducteurs de travaux publics habitués à l'emploi des lunettes, que les Compagnies de chemins de fer et autres pourraient fournir, on voit que le personnel ne manquerait pas. Enfin, si ces deux hommes venaient à manquer et que les lunettes se trouvassent dérangées précisément à l'instant où personne dans la batterie ne pourrait rétablir le réglage, on aurait toujours la ressource de recourir à l'ancien mode de pointage à l'œil nu.

7° *Montage de l'objectif.* — Dans la plupart des lunettes, l'objectif, bien que serré dans son barillet, n'échappe pas toujours aux déplacements latéraux que peuvent

produire de vives secousses du corps de la lunette; cela tient à un peu trop de jeu sur le pourtour de l'objectif; on éviterait cet inconvénient en garnissant le pourtour d'une couche de mastic ou vernis suffisamment dense.

8° *Du degré de précision du tir avec lunette.* — Prenons pour exemple de l'erreur moyenne de pointé le chiffre de 6" qui paraît être celui des lunettes employées par les Prussiens, on se fera une idée des erreurs linéaires correspondantes en consultant les chiffres du tableau suivant, tableau des erreurs linéaires correspondantes à une erreur de 6" dans le pointage.

Distances en kilomètres.	*Erreur linéaire.*
1	0m.03
2	0 .06
3	0 .09
4	0 .12
5	0 .15
6	0 .18
7	0 .21
8	0 .24
9	0 .27
10	0 .30

Bien que l'on n'ait pas sous les yeux les chiffres qui expriment l'effet des autres erreurs qui sont purement accidentelles, on peut admettre que, dans un canon bien étudié, elles ne doivent pas, réunies aux précédentes, en tripler par exemple le montant : s'il en est effectivement ainsi, on pourrait, à deux kilomètres, ne pas s'écarter du but de plus de 0m,18, et de cette manière atteindre un ennemi qui serait reconnu être un général ou tout autre officier supérieur, etc.

Après avoir lu les détails qui viennent d'être présentés, on ne s'étonnera pas que l'auteur de la nouvelle application des lunettes soit un astronome qui a conçu et fait exécuter beaucoup d'appareils astronomiques, ayant antérieurement embrassé la carrière d'ingénieur civil.

M. Jordan donne communication de son Mémoire sur la fabrication des canons. (Ce Mémoire sera publié *in-extenso* dans le Bulletin du 4e trimestre 1870.)

Séance du 2 Décembre 1870.

Présidence de M. Vuillemin.

M. le Président annonce le décès de MM. André Oscar, Hubert, Sellière et Thouvenot.

M. Jordan termine sa communication sur la fabrication des canons.

M. Thomas *Pierre* entretient la Société de l'appareil dit *Télémètre répétiteur* de M. A. Le Cyre. Jusqu'ici on a bien proposé des instruments pour le mesurage des distances sans opération géométrique et d'une manière rapide; aucun d'eux n'a offert la solution pratique du problème. Les uns, les instruments à statia, nécessitent, au point dont la distance est à déterminer, la présence d'une mire ou tout au moins d'un objet de grandeur connue; les autres, comme les télémètres à miroirs, demandent une précision d'ajustage d'une invariabilité dans leurs organes qui en rend l'emploi pratique à peu près impossible.

M. le Président remercie M. Thomas de son intéressante communication et le prie de vouloir bien remettre une note avec quelques dessins qui seront publiés dans le Bulletin du 4e trimestre 1870, page 554.

La parole est ensuite donnée à M. Vert, qui veut bien exposer son sytème de navigation aérienne.

Séance du 9 Décembre 1870.

Présidence de M. Vuillemin.

Le Président rappelle que, dans la précédente séance, par suite d'une décision du Comité, l'Assemblée avait été prévenue qu'elle serait consultée, dans la séance d'aujourd'hui, sur l'opportunité de procéder, comme à l'ordinaire, à l'élection des Membres du Bureau et du Comité pour l'année 1871. Il fait remarquer qu'un certain nombre de Membres du Comité, — 10 sur 20, — et des Sociétaires, parmi les plus assidus aux séances, sont absents de Paris, et qu'en raison des événements un grand nombre de Membres ne peuvent prendre part aux travaux de la Société. Il ajoute que tout en proposant l'ajournement, le Comité est d'avis de procéder aux élections dès que les circonstances le permettront.

L'Assemblée consultée décide, à une grande majorité, que les élections des Membres du Bureau et du Comité de la Société, pour l'année 1871, sont ajournées.

Le Président rappelle que dans la séance du 16 décembre, et conformément aux Statuts, les comptes de recettes et de dépenses de la Société seront soumis à l'approbation de l'Assemblée générale. A cette occasion, il fait observer que beaucoup de Sociétaires sont en retard pour le payement de leur cotisation; il les invite à vouloir bien s'acquitter dans le plus bref délai.

M. Brüll donne quelques renseignements sur les expériences faites pour examiner les effets destructifs de la dynamite.

Il fait connaître à la Société la situation actuelle de la fabrication de la dynamite. Les deux fabriques installées aux buttes Chaumont et au bassin circulaire

de La Villette fonctionnent maintenant d'une façon industrielle. Elles produisent déjà, chaque jour, près de cent kilogrammes chacune de dynamite. On aurait obtenu plus vite ce résultat, si l'on n'avait été retardé par quelques embarras administratifs, et aussi par certaines difficultés de fabrication, tenant aux circonstances spéciales où l'on se trouvait. La plus importante a été de trouver un absorbant convenable. Comme on ne pouvait se procurer à Paris, pendant le siége, la silice naturelle qu'emploie M. Nobel, on a essayé bon nombre de poudres minérales et végétales, mais la plupart de ces matières absorbent peu d'huile explosive, prennent une consistance pâteuse et humide, ou ne se prêtent pas à un mélange homogène. C'est à la cendre de boghead qu'on a donné la préférence. Le boghead est, comme l'on sait, un schiste d'Écosse, que l'on distille pour produire du gaz d'éclairage riche, et que l'on emploie surtout à la fabrication du gaz portatif. Il laisse par l'incinération une cendre blanche ayant la forme du morceau, facile à broyer, et composée principalement de silice et d'alumine. La poudre obtenue par broyage est onctueuse au toucher et très-absorbante. On peut y verser près de deux fois son poids de nitroglycérine et le mélange conserve l'aspect pulvérulent.

Cette dynamite, après divers essais, a été soumise, dimanche dernier, à une série d'expériences faites au polygone de Vincennes, devant une réunion de membres du gouvernement, d'officiers et de savants. Ces expériences ont parfaitement réussi et ont montré de la façon la plus frappante l'innocuité de la dynamite et sa grande puissance.

On a lancé huit obus chargés de dynamite, et l'on a constaté que le fractionnement était plus favorable qu'avec la poudre, en employant des charges bien moindres.

On a brisé une pièce de huit en bronze, en plaçant dans l'âme à quarante centimètres environ de la bouche un sac de sept à huit cents grammes de dynamite. Le canon a été égueulé un peu au delà du point ou était placée la charge. On a cassé ensuite l'un des tourillons du canon en posant simplement dessus un sac du même poids.

Un rail Vignole, reposant sur son patin, a été brisé à l'aide d'un sac de dynamite d'environ 300 grammes, appliqué contre l'âme.

Les explosions étaient produites à l'aide de capsules de fulminate de mercure que l'on faisait détoner, soit par l'étincelle électrique, soit avec des fusées de pulvérin.

Après quelques autres expériences de rupture, on montra comment la dynamite se comporte au contact du feu. Si on la touche avec un corps en ignition, elle fuse tranquillement. Si on en approche une flamme, elle s'allume et se consume entièrement sans explosion.

Les témoins de ces expériences en ont emporté la conviction des services que la dynamite pouvait rendre dans les opérations militaires. Il y a lieu d'espérer que ces applications vont se multiplier entre les mains des officiers de l'artillerie, du génie et de la marine; mais il appartient aussi aux ingénieurs engagés aujourd'hui dans les travaux de la défense de se servir de la dynamite, et il n'y a nul doute qu'ils en puissent tirer, en plus d'une occasion, un utile parti.

Il est donné lecture d'une lettre de M. Lefrançois relative à la navigation aérienne.

La parole est donnée à M. Maure, pour une communication sur les moulins Falquère, établis dans les usines de MM. Cail et Cie.

M. Simonin entretient ensuite la Société des différents systèmes de ballons.

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE.

Séance du 16 Décembre 1870.

Présidence de M. VUILLEMIN.

La parole est donnée à M. Loustau, trésorier, pour l'exposé de la situation financière de la Société.

M. LOUSTAU indique que le nombre des Sociétaires, qui était, au 17 décembre 1869, de 994
s'est augmenté, par suite de nouvelles admissions, de 59
1053

A déduire par suite de décès 17
— de radiations ..... 22 } 39

Nombre total des Sociétaires au 16 décembre 1870 1014

Les recettes effectuées pendant l'année 1870 se sont élevées à :

	fr.	c.	fr.
1° Pour le service courant (droit d'admission, cotisations, amendes, intérêts des obligations)	23,883	68	
2° Pour l'augmentation du fonds social inaliénable	19,626	»	81,538 08
3° Vente d'obligations au même fonds	34,028	40	
4° Produit de l'emprunt de décembre 1870	4,000	»	
Il reste à recouvrer sur droits d'admission, les cotisations de 1869 et 1870, et sur les amendes			17,913 [illegible]
Total à l'avoir de la Société			99,457 [illegible]

Au 17 décembre 1869, le solde en caisse était de	31,557	27	113,095 [illegible]
Les recettes effectuées pendant l'année 1870 se sont élevées à	81,538	08	

Les sorties de caisse se sont élevées à :

1° Pour dépenses courantes diverses, impressions, appointements, affranchissements, etc., etc	21,655	65	
2° Sur l'achat du terrain et intérêts, à valoir	17,536	42	110,9[illegible]
3° Payé à valoir sur les travaux de l'hôtel de la Société.	46,161	95	
4° Achat de 75 obligations au porteur, ayant coûté ...	25,466	20	
Excédant de recettes restant en caisse à ce jour			2.2[illegible]

La Société possède en outre : en portefeuille, sur son fonds social inaliénable :

1° 269 *obligations nominatives de chemins de fer, ayant coûté.*	79,269 45
2° 21 *obligations au porteur, ayant coûté*.....	8,153 90
3° Un terrain de 198m.35 et une construction sur lesquels elle a déjà payé.....	93,257 96
Total.....	180,681 31

M. le Président met aux voix l'approbation des comptes du trésorier, et propose de voter des remercîments à M. Loustau, pour son dévouement aux intérêts de la Société.

Cette proposition est adoptée à l'unanimité.

M. le Président fait remarquer qu'il est encore dû à la Société une somme de 17,919 francs; il engage les Sociétaires, qui n'ont pas encore acquitté leur cotisation, à vouloir bien faire le versement dans le plus bref délai, afin de régulariser leur position vis-à-vis la caisse de la Société.

M. Barthélemy expose son système de cuirasse pour l'artillerie.

La parole est ensuite donnée à M. Pierre Thomas pour une communication sur les conditions théoriques de la navigation aérienne. (Cette communication est insérée *in extenso* dans le Bulletin du 4e trimestre 1870, page 543.)

La question de la navigation aérienne n'étant pas épuisée, elle sera reprise dans la prochaine séance.

MM. Bullot, Ronsard, Fleury, ont été nommés membres sociétaires, et MM. Le Cyre et Jourdain, membres associés.

ANALYSE

DE L'OUVRAGE DE M. MOUCHOT

SUR LES

APPLICATIONS INDUSTRIELLES DE LA CHALEUR SOLAIRE

PAR M. P. MARLIER.

Nous avons récemment adressé à la Société l'ouvrage publié en juin par M. Mouchot, professeur au lycée de Tours, sur la chaleur solaire et ses applications industrielles[1].

Nous venons aujourd'hui répondre à la demande qui nous a été faite à la suite de cet envoi et présenter une courte note, dans le but d'attirer sur la publication de M. Mouchot l'attention des ingénieurs. Nous espérons les convaincre que ce travail est aussi utile qu'intéressant, et leur démontrer que c'est à eux qu'il appartient aujourd'hui de résoudre définitivement le problème de l'utilisation industrielle de la chaleur solaire, il reste, en effet, à tenter les applications en grand, et chacun reconnaîtra que, grâce à M. Mouchot, la question est maintenant assez mûre pour passer des mains de la science dans celles de l'industrie.

Nous nous efforcerons de préciser l'état de la question en 1860, époque à laquelle l'auteur a commencé ses propres expériences; puis nous indiquerons sommairement ses essais et les résultats qu'il a obtenus; mais auparavant nous devons, pour l'intelligence des faits, rappeler quelques notions générales concernant la chaleur solaire.

NOTIONS GÉNÉRALES SUR LA CHALEUR SOLAIRE.

Nul ne met en doute que le soleil ne verse sur notre globe une énorme quantité de chaleur; les sensations que nous éprouvons quand nous

1. *La chaleur solaire et ses applications industrielles*, par M. A. Mouchot, professeur au lycée de Tours, chez Gauthier-Villars, quai des Augustins, 55, Paris.

meurons exposés à son action et un grand nombre de phénomènes naturels, dont nous sommes chaque jour témoins, nous conduisent à regarder cet astre comme une des plus ardentes fournaises que nous puissions imaginer.

C'est au soleil, en effet, que sont dus :

Et les perturbations continuelles des couches d'air, dont le déplacement produit les vents réguliers et les vents accidentels quelquefois si violents; et la transformation continue des eaux du globe en vapeurs qui s'élèvent dans l'atmosphère, pour nous revenir sous forme de pluie ou de neige; et les courants superficiels ou sous-marins, qui règnent de l'équateur aux pôles, et proviennent de l'inégale dilatation des masses liquides.

Ce sont là des phénomènes purement calorifiques, aussi sensibles pour nous que les phénomènes lumineux émanant de la même source. Mais le soleil produit encore des effets d'un autre ordre : nous voulons parler des effets chimiques dont la photographie est, pour le moment, la principale application.

Comme l'analyse des radiations lumineuses, calorifiques et chimiques du soleil donne l'explication de bien des faits, ainsi que nous aurons occasion de le constater, il convient de nous y arrêter quelques instants.

Un faisceau de rayons solaires, traversant une ouverture percée dans un écran, permet de constater à la fois les trois effets que nous venons de signaler; mais si, au lieu de laisser ce faisceau intact, on le reçoit sur la face d'un prisme triangulaire en cristal ou en sel gemme, on produit la dispersion des rayons colorés et on obtient le spectre solaire. Eh bien, l'étude du spectre, au point de vue lumineux, calorifique, chimique, révèle des faits fort curieux : ainsi on observe, à l'aide de l'appareil thermo-multiplicateur de Nobili, que le pouvoir calorifique va en croissant du violet au rouge, et, au delà du rouge, on trouve un maximum de chaleur dans une partie obscure; on constate de même que, en se dirigeant du rouge vers le violet, on commence à produire des effets chimiques un peu accentués seulement en atteignant les rayons bleus. Cette intensité croît pour diminuer ensuite, et on reconnaît que son maximum se produit également au delà de la partie visible du spectre, du côté du violet (pl. 20, fig. I). Les recherches les plus récentes des physiciens tendent à établir que tout rayon solaire pris en un point quelconque du spectre, même dans les parties obscures, exerce les trois genres de radiations. Cela n'est pas douteux pour les rayons lumineux, et on peut l'expérimenter directement; c'est moins certain pour les rayons calorifiques ultra-rouges, avec esquels on n'a produit encore, que nous sachions, ni lumière ni actions chimiques; mais avec les rayons chimiques ultra-violets, on a pu, dans les circonstances particulières, donner lieu à des phénomènes lumineux. Il est donc présumable que les trois radiations sont simultanées; mais elles s'exercent à des degrés bien différents pour chaque rayon du

spectre, et comme, à l'aide des vers colorés, nous sommes à peu près maîtres d'éliminer tels rayons du spectre que bon nous semble, nous saurons à volonté disposer exclusivement des rayons qui nous seront utiles, et nous mettre à l'abri des phénomènes qui viendraient à l'encontre de nos expériences.

Nous avons dit que le soleil était une ardente fournaise, versant sur la terre une énorme quantité de chaleur ; ce sont là des images bien imparfaites, qui sont loin de satisfaire les esprits pratiques. La science devra être curieuse de préciser l'intensité de cette source calorifique, dont nous sommes séparés par une distance moyenne de 37 millions de lieues[1] ; et en effet M. Pouillet, en 1838, nous a fait connaître les expériences par lesquelles il a établi qu'à la latitude de Paris, un mètre carré de la couche atmosphérique, normalement exposé aux rayons solaires, reçoit, dans l'espace d'une minute, 17 633 unités de chaleur[2]. Mais comme l'atmosphère absorbe jusqu'à 0,40 de cette chaleur totale, suivant le degré de pureté de l'air et suivant l'obliquité des rayons calorifiques (le parcours à travers l'atmosphère étant d'autant plus grand que le soleil se rapproche davantage de l'horizon), nous n'aurons, en définitive, que 10 580 unités de chaleur arrivant à la surface du sol.

M. Mouchot a admis, pour ses évaluations, le chiffre de 10 calories par minute et par mètre carré ; acceptons-le sans hésiter, car il est certainement au-dessous de la vérité. Les expériences de M. Pouillet sur la radiation solaire, répétées par M. Althans, ont donné des résultats numériques triples de celui que nous avons indiqué ; nous pouvons donc établir nos calculs avec les chiffres de M. Pouillet sans avoir à craindre de pénibles surprises quand nous passerons de la théorie à la pratique.

On se fera une idée plus nette de ce flux de chaleur par l'indication de quelques-uns des effets qu'il peut produire, et nous nous permettrons de présenter le résultat obtenu par M. Pouillet sous une forme un peu familière, en disant :

Promenez-vous au soleil, sous le ciel de Paris, hiver comme été, au bout d'une heure vous aurez reçu sur le fond de votre chapeau (0m,20 de diamètre) une quantité de chaleur capable :

Ou de porter à l'ébullition 1 litre d'eau prise à la température de 0° de

1. Pour rendre l'idée de cette distance plus accessible à notre imagination, M. A. Guillemin, dans son *Traité sur le Soleil*, fait observer qu'un train express, marchant sans s'arrêter à la vitesse ordinaire de 50 kilomètres à l'heure, ne mettrait pas moins de 337 ans pour effectuer ce trajet !

2. L'unité de chaleur est la quantité de chaleur nécessaire pour élever de 1 degré centigrade la température de 1 gramme d'eau pure.

La calorie vaut 1000 unités de chaleur.

grés centigrades, ou d'échauffer depuis 0° jusqu'à leurs températures respectives de fusion :

0^{kg},440 de fer	(température de fusion,	1500 degrés).
1^{kg},320 d'argent	(température de fusion,	1000 id.).
7^{kg},460 de plomb	(température de fusion,	326 id.).

Si nous prenons maintenant à leurs températures de fusion les substances dont l'énumération suit, nous pourrons liquéfier avec cette même quantité de chaleur :

0^{kg},954 de glace,
3^{kg},578 d'argent,
5^{kg},290 d'étain,
8^{kg},055 de soufre,
14^{kg},040 de plomb,
26^{kg},643 de mercure.

Ces chiffres sont vraiment surprenants, et nous nous demandons comment il se fait que nous puissions résister à une telle chaleur, nous et tous les corps de la nature exposés au soleil, même momentanément. Nous résistons parce qu'il n'y a pas accumulation : en effet, quand les rayons solaires frappent une surface donnée, l'élévation de température qu'ils produisent sur elle ne peut dépasser environ 70 degrés, même dans les régions les plus chaudes du globe; car la quantité de chaleur dissipée par rayonnement de la surface croît avec la température, et, quoiqu'elle se présente en flux continu, on conçoit qu'il arrive un moment où le corps échauffé perd autant qu'il reçoit; l'équilibre s'établit et la chaleur du corps reste stationnaire. Mais si, tout en favorisant le flux de chaleur incidente, nous venons à supprimer les causes de déperdition de calorique, alors nous aurons réellement accumulation de chaleur, et nous pourrons obtenir des températures élevées.

Or le verre à vitres se prête merveilleusement à cette expérience; il se laisse traverser par la chaleur rayonnante émanant d'une source calorifique lumineuse très-intense, mais s'oppose à peu près complétement au rayonnement d'une source de chaleur obscure : c'est là le principe des récepteurs solaires de M. Mouchot, dans lesquels nous avons presque toujours une cloche en verre ordinaire, sous laquelle se trouve un vase dont la forme varie suivant les effets qu'on veut obtenir. Remarquons que, par le fait de l'interposition d'une lame de verre entre le soleil et le corps à échauffer, nous perdons malheureusement la grande quantité de chaleur provenant des radiations obscures du soleil, puisque la chaleur lumineuse seule peut rayonner à travers le verre; l'expérience prouve qu'on n'utilise guère ainsi que les 3/5 de la chaleur incidente. Mais, à côté de cet inconvénient, nous trouvons un grand avantage : c'est que la chaleur lumineuse échauffe progressivement le corps placé au centre de

la cloche et le transforme en source de chaleur obscure, laquelle est à son tour retenue par le verre et par conséquent emmagasinée; ainsi la cloche joue le rôle d'écran, et, quoiqu'elle arrête au passage une partie des rayons calorifiques incidents, elle laisse néanmoins la chaleur s'accumuler sur le vase intérieur et s'oppose à sa déperdition.

On augmente d'ailleurs la quantité de chaleur incidente à l'aide de réflecteurs auxquels on peut donner de très-grandes dimensions, et dont le but est d'amener les rayons solaires sur la partie de l'appareil qui ne peut les recevoir directement.

Nous décrirons plus loin quelques-uns des appareils de M. Mouchot; nous avons voulu seulement donner ici l'idée sur laquelle ils reposent. Nous ajouterons que le réflecteur y joue un rôle très-important, en répartissant la chaleur d'une manière à peu près uniforme sur un corps d'une certaine étendue. Toujours M. Mouchot a proscrit les lentilles, qui certes produisent les effets calorifiques les plus puissants; mais, qu'on ne l'oublie pas, ce sont toujours des effets résultant de la concentration des rayons solaires sur un seul point, et ces résultats ne nous paraissent susceptibles d'aucune application industrielle, d'autant plus que les lentilles sont coûteuses, interceptent une grande partie de la chaleur incidente, et suppriment l'insolation directe, par l'effet même de leur interposition entre le soleil et le corps à échauffer. On a tout à espérer au contraire des réflecteurs : ainsi, M. Mouchot nous dit qu'en exposant au soleil une feuille de cuivre placée dans une caisse en bois blanc, dont l'une des faces consiste en un châssis formé de deux lames de verre, interceptant entre elles une couche d'air épaisse d'environ deux centimètres, on élève assez promptement ce métal à la température de 100 degrés; mais les effets sont beaucoup plus rapides et plus intenses, dès qu'on fait converger de nouveaux rayons sur la feuille de cuivre, à l'aide d'un réflecteur, car on peut obtenir par ce moyen des températures de 200 degrés et au delà.

Nous aurons à revenir sur les réflecteurs pour dire à quelles conditions pratiques ils doivent satifaire; il nous reste, pour terminer la partie théorique de notre travail, à signaler la puissance mécanique de la chaleur solaire répandue sur notre planète.

Nous avons dit qu'à la latitude de Paris, dans des conditions moyennement favorables, on reçoit 10 calories par minute et par mètre carré; la quantité de chaleur reçue dans le même espace de temps par le globe est celle qui correspond à un cylindre calorifique ayant pour base un grand cercle terrestre, ou $10\pi R^2$.

(R rayon de la terre en mètres.)

En supposant cette chaleur uniformément répartie sur toute la surface du globe, nous recevrons par mètre superficiel dans une année :

$\frac{10\pi R^2}{4\pi R^2} \times 60 \times 24 \times 365 =$ 1,314,000 calories.

Cela fait par an et par hectare 13,140,000,000 calories.

Pour produire cette même chaleur par la combustion complète de houille de bonne qualité (puissance calorifique 7,700), il faudrait — 1,706,493^{kg} de combustible.

Ou en volume $\frac{1,706,493}{78}$, soit 22,000 hectolitres.

coûtant actuellement, à Paris, environ 60,000 francs.

Comme puissance mécanique, cette même quantité de chaleur représente $13,140\,000,000 \times 425 =$ 5,584 500 000 000 ^{kgm}.

Ce qui équivaut à une machine produisant un travail continu et effectif de

$\frac{5,584\,500\,000\,000}{365 \times 24 \times 60 \times 60 \times 75} =$ 2361 chevaux vapeur.

Il nous semble que des chiffres aussi éloquents n'ont guère besoin de commentaires; nous rappellerons seulement que si, à la vérité, les phénomènes météorologiques de nos climats (pluie, brouillards, nuages) s'opposent quelquefois à la transmission de la chaleur solaire et viennent amoindrir la force que nous avons signalée, il est juste de remarquer que nous avons pris pour point de départ de nos calculs le chiffre bien faible de 10 calories par minute et par mètre superficiel; en restreignant le champ de nos expériences aux pays qui sont appelés à devenir le vrai domaine des machines solaires, c'est-à-dire aux régions dont la latitude ne dépasserait pas environ 40 degrés, nous serions arrivés à des résultats tout à fait prodigieux.

ESSAIS TENTÉS DEPUIS L'ANTIQUITÉ JUSQU'A NOS JOURS, EN VUE DE L'UTILISATION DE LA CHALEUR SOLAIRE.

Le problème de l'utilisation de la chaleur solaire n'est pas neuf, et M. Mouchot a fait un exposé très-complet des essais de ses nombreux devanciers. Cette partie historique de l'ouvrage est le résultat de patientes recherches, qui seront fort utiles aux ingénieurs qui voudront se livrer à l'étude de la question. Outre l'intérêt qu'ils éprouveront à suivre pas à pas les tâtonnements de l'esprit humain dans la solution de ce problème, ils auront sous la main des documents qu'il leur aurait fallu rechercher dans les Mémoires de l'Académie des sciences, de l'Académie

des inscriptions, ou dans les anciens ouvrages; pour l'application, cette lecture doit faire naître des idées et permettre d'éviter des écueils.

Sans nous étendre sur les détails, nous devons mentionner les résultats les plus importants des essais faits avant M. Mouchot. Ne craignons pas de remonter loin de nous, et citons en première ligne Archimède (250 ans avant l'ère chrétienne) qui fit un traité des miroirs ardents, et eut occasion d'appliquer ses théories en incendiant la flotte romaine de Marcellus, au siége de Syracuse. Ce fait, longtemps révoqué en doute, paraît aujourd'hui assez digne de foi, à en juger par les écrits d'un ancien et célèbre architecte, Anthémius de Tralles, que M. Mouchot a remis en lumière.

L'arabe Hassan (1029), le moine Roger Bacon (1294), puis cinq ou six savants de 1550 à 1610, écrivirent tous sur les miroirs ardents, en développant des idées nouvelles.

Pendant le siècle suivant, on expérimenta de tous côtés avec un certain succès, et en 1726, Dufay, physicien français, obtint des résultats déjà très-satisfaisants, puisque, recevant un faisceau de rayons solaires sur un mimoir plan, il le réfléchit sur un miroir concave placé à 195 mètres, et brûla des matières combustibles au foyer de ce dernier.

Puis vint Buffon (1750), qui produisit des effets vraiment remarquables avec des moyens imparfaits; il construisit un miroir de 2^m,27 sur 2^m,60, formé de 360 glaces mobiles en tous sens, et séparées les unes des autres, quand elles se trouvaient dans le même plan, par un espace de 0^m,01; on les disposait de façon à faire coïncider les diverses images *du soleil*. Voici, dit M. Mouchot, quelques-uns des résultats obtenus avec ce miroir:

« Le 10 avril 1747, 128 glaces mirent le feu à une planche de sapin goudronnée, à la distance de 150 pieds. Le même jour, on mit le feu à une planche de hêtre, goudronnée en partie, et couverte en quelques endroits de laine hachée. L'inflammation se fit très-promptement; le feu devint si violent qu'il fallut, pour l'éteindre, plonger la planche dans l'eau : il y avait 148 glaces, et la distance était de 150 pieds. Le 11 avril, le foyer n'étant qu'à 20 pieds de distance du miroir, il ne fallut que 12 glaces pour enflammer des matières combustibles; avec 45 glaces, on fondit un gros flacon d'étain du poids de 6 livres, et avec 117 glaces, on parvint à fondre des morceaux d'argent mince et à porter au rouge une plaque de tôle. En poursuivant ses essais par un beau soleil d'été, Buffon réussit à enflammer du bois, jusqu'à la distance de 68 mètres; il fondit également tous les métaux et minéraux métalliques, à des distances de 8, 10 et 13 mètres. »

Quelques années après l'expérience que nous venons de citer, de Saussure, physicien génevois (1767), et Ducarla, physicien français (vers 1800), reprirent la question de la chaleur solaire sous une autre forme, et, quoi-

que leurs essais n'aient pas été très-féconds en résultats, ils n'en ont pas moins le très-grand mérite d'avoir ouvert la voie qui doit nous offrir quelques chances de succès, et dans laquelle M. Mouchot s'est déjà si heureusement engagé.

Nous exposerons succinctement les tentatives de ces deux physiciens.

De Saussure voulut rechercher jusqu'où pouvait aller la concentration de la chaleur dans un espace clos recevant le soleil à travers des vitres ou des châssis fermés. Son appareil le plus perfectionné, qu'il appela héliothermomètre, se composait d'une caisse en sapin, doublée intérieurement d'un liége noir, et fermée par trois glaces disposées parallèlement et entrant à coulisse dans l'épaisseur du liége. Les rayons du soleil frappaient ces glaces normalement, et, pour que cette condition fût constamment remplie, on rectifiait toutes les 20 minutes l'orientation de l'appareil; en prenant quelques soins pour éviter le refroidissement extérieur, de Saussure obtint dans sa boîte des températures de 160 degrés centigrades.

Les perfectionnements du physicien Ducarla consistent dans l'adjonction de miroirs à des appareils du genre de l'héliothermomètre de de Saussure, dans l'installation d'un réservoir central noirci, qui devait emmagasiner la chaleur, et dans des précautions prises pour isoler l'appareil à l'aide de corps mauvais conducteurs. Des idées théoriques erronées et l'insuffisance des expériences ne permirent pas à ce physicien de tirer un parti avantageux de ses innovations excellentes en principe.

Toutes les expériences que nous venons de relater avaient pour but, on le voit, d'utiliser la chaleur solaire, en produisant des effets calorifiques directs. Il nous reste, pour terminer la seconde partie de cette analyse, à dire un mot des nombreuses tentatives faites pour utiliser la chaleur, sous forme d'effets mécaniques. M. Mouchot nous donne les descriptions de nombreux appareils construits dans ce but; nous citerons, pour mémoire seulement, les noms des principaux inventeurs.

Salomon de Caus (1600) imagina une pompe solaire qu'il appela fontaine continuelle.

Martini, vers 1640, construisit une horloge solaire assez curieuse : de l'eau élevée par la pression de l'air dilaté en vase clos venait se déverser régulièrement dans une série d'augets, communiquant aux aiguilles de l'horloge un mouvement de rotation.

Le Père Kircher (1650) est aussi l'auteur d'une horloge solaire et d'appareils mécaniques de différentes natures.

Bélidor (1750) a reproduit sous une autre forme, dans son Traité d'architecture hydraulique, la fontaine de Salomon de Caus, et a exposé la théorie de cet appareil avec une grande clarté.

M. Deliancourt, commandant de place en Algérie, présenta, en 1865,

un projet de pompe solaire qui est une simplification et un perfectionnement de la fontaine de Salomon de Caus.

Mais aucun des appareils, tous très-curieux du reste, dus à ces inventeurs n'était conçu de façon à être utilisé avec avantage dans la pratique.

EXPÉRIENCES ET DÉCOUVERTES DE M. MOUCHOT.

C'est en 1860 que M. Mouchot entreprit l'étude de l'utilisation de la chaleur solaire; quelques tâtonnements guidés par les données actuelles de la physique l'amenèrent assez promptement à constituer son récepteur solaire d'une chaudière en cuivre reposant sur un corps mauvais conducteur, et installée au foyer d'un réflecteur cylindrique en plaqué d'argent; une cloche de verre ou un châssis vitré recouvre la chaudière, afin de produire l'accumulation de chaleur, ainsi qu'il a été précédemment expliqué. L'aspect général de l'appareil varie d'ailleurs avec la nature des effets à produire.

Les premières expériences de l'auteur eurent pour objet l'action de la chaleur solaire sur l'air confiné; la fig. 2, pl. 20, indique la composition de l'appareil placé au foyer du réflecteur.

Au bout de quelques instants d'insolation, l'air confiné exerce sur l'eau une pression qu'on peut rendre sensible, soit en laissant l'eau s'élever dans le tuyau, soit en produisant un jet d'eau, etc. Laissons M. Mouchot nous exposer quelques-uns des résultats qu'il a obtenus :

« De tous les appareils, dit-il, que j'ai fait construire sur le modèle précédent, le plus grand avait un réservoir à air de 10 litres, et un tuyau d'ascension formé de tubes en verre, d'un mètre de long et d'un centimètre de diamètre intérieur. Il m'a donné les résultats suivants : l'eau s'est élevée à la hauteur de 6 mètres au-dessus de son niveau primitif, avec une vitesse de 5 à 6 millimètres par seconde; en réduisant à 2 mètres la longueur du tuyau d'élévation, le débit de l'appareil a été de 2 litres en dix minutes. »

Ainsi, dans des circonstances qui, paraît-il, étaient peu favorables, voilà un travail d'environ 4 kilogrammètres effectué en 10 minutes, par un volume d'air de 10 litres; une pression de plus d'une demi-atmosphère recueillie sans autres frais que ceux de l'installation de l'appareil; enfin une production assez élevée de température sur une surface de chauffe dont l'étendue est en quelque sorte illimitée : ce sont là déjà d'importants résultats à noter.

Sir John Herschel était arrivé à faire cuire de la viande, des légumes, des œufs, des fruits, en exposant simplement au soleil presque vertical

du cap de Bonne-Espérance une sorte d'héliothermomètre un peu simplifié. M. Mouchot a obtenu les mêmes résultats à notre soleil de France, en mettant les matières à cuire sous une cloche en métal en forme de dé à coudre, recouverte d'une cloche de verre, et munie de son réflecteur cylindrique; il a même fait avec cet appareil un pain parfaitement réussi.

L'ébullition de l'eau est une opération beaucoup plus difficile, dont aucune tentative n'avait pu encore triompher; ici, les principaux obstacles qu'il faut vaincre sont l'énorme quantité de chaleur absorbée par la vaporisation du liquide, et la condensation sur les parois du récipient des premières vapeurs qui se forment et viennent s'opposer à l'absorption de la chaleur incidente. M. Mouchot a résolu le problème très-complétement, en exposant au foyer de son réflecteur la marmite solaire (fig. 3, pl. 20).

En une heure et demie il a fait bouillir trois litres d'eau, pris à 15°; il a confectionné en quatre heures d'insolation ménagée un excellent pot au feu. En substituant au couvercle en verre un chapiteau à tête de Maure, il a eu un appareil distillatoire qui lui a donné en 40 minutes l'alcool très-concentré de 2 litres de vin.

La cuisson directe de la viande (confection des rôtis) ne peut se faire sans prendre des dispositions spéciales, car les radiations chimiques y déterminent une véritable putréfaction, quoique l'aspect demeure très-satisfaisant pendant toute la durée de l'opération; on remédie facilement à cet inconvénient en substituant au bocal en verre ordinaire un bocal rouge ou jaune qui intercepte les rayons capables de produire les radiations chimiques.

Le rêve de M. Mouchot est d'utiliser la chaleur solaire au profit de l'agriculture et de l'industrie; il devait donc porter plus spécialement ses investigations sur les applications mécaniques, et, à l'exemple de Salo-de Caus et de M. Deliancourt, il a imaginé tout d'abord une pompe solaire, à écoulement intermittent, très-simple, et pouvant rendre des services, quand on n'a besoin d'élever l'eau qu'à une faible hauteur; la fig. 4 indique comment elle est disposée :

L'appareil étant immergé, l'eau s'élève dans les tuyaux A et D, par l'effet de la pression atmosphérique, jusqu'à son niveau extérieur NN, en ouvrant les soupapes S et s; l'air intérieur s'échappe par un orifice O, qu'on bouche ensuite. Les rayons solaires, tombant sur la plaque de cuivre C, échauffent la masse d'air B qui, par sa pression, force l'eau à s'élever dans le réservoir E, en fermant la soupape S, et ouvrant la soupape s. Le siphon H s'amorce de lui-même et vient déverser l'eau du réservoir E sur la plaque de cuivre, d'où elle s'écoule par l'ajutage K dans le bassin ou le canal qui doivent la revevoir. Le refroidissement de la masse gazeuse amène une diminution de pression, et l'équilibre se rétablit en vertu de la pression atmosphérique qui fait pénétrer dans le corps

cylindrique une nouvelle quantité d'eau ; l'insolation recommence aussitôt que la plaque C est à sec, et les mêmes effets se reproduisent.

Nous avons indiqué déjà les difficultés qu'on avait eu à surmonter pour obtenir l'ébullition de l'eau; elles sont bien plus grandes encore quand il s'agit de produire rapidement de la vapeur en vase clos et de l'amener à une pression de plusieurs atmosphères. Il suffit, pour s'en rendre compte, de remarquer que la transformation d'un kilogramme d'eau à 0 degré en vapeur à la pression atmosphérique n'exige pas moins de 637 calories, et que ce chiffre croît à mesure que la tension de la vapeur augmente. C'était le dernier et le plus important des problèmes qu'on dût se poser, puisque de sa solution pratique dépendait la possibilité d'étendre à la machine à vapeur elle-même les applications mécaniques de la chaleur solaire. M. Mouchot a obtenu le succès le plus complet avec des appareils analogues à ceux que nous avons déjà décrits ; une chaudière ayant la forme d'un manchon cylindrique était introduite dans un bocal en verre, absolument comme le vase métallique de la marmite solaire; une machine (petit modèle) de M. Hempel était fixée à la partie supérieure de la chaudière, et commençait à fonctionner après une demi-heure d'insolation.

La fig. 5 représente la dernière disposition à laquelle M. Mouchot s'est arrêté pour la construction de ses chaudières.

Une chaudière de ce modèle, contenant 6 litres d'eau, et placée au foyer d'un réflecteur de 2 mètres carrés d'ouverture, a produit assez rapidement de la vapeur à plus de 4 atmosphères, avec laquelle on a pu faire fonctionner une petite machine rotative américaine munie d'un volant assez pesant.

Le problème de la machine solaire à vapeur d'eau s'est trouvé complétement résolu en août 1867 ; mais déjà, en 1866, M. Mouchot avait deux petites machines fonctionnant au soleil de Tours. A cette époque l'ingénieur américain Ericsson se livrait à l'étude de ces mêmes questions, et il construisit, en 1868, des machines solaires que nous regrettons, faute de documents suffisants, de ne pouvoir comparer à celles de M. Mouchot; en présence des résultats obtenus en Amérique, il était important de rappeler les dates qui assurent à la France la priorité de ce genre d'essais.

Notre exposé des appareils de M. Mouchot serait incomplet, si nous ne disions quelques mots des réflecteurs, auxiliaires indispensables quand on veut demander au soleil des effets énergiques. Ils affectent des formes variables suivant les cas. Veut-on concentrer la chaleur sur un point, comme dans la fusion des métaux ou la cuisson des aliments, on est conduit par le calcul à faire choix d'un réflecteur présentant la forme

d'un paraboloïde de révolution; mais, comme sa construction présenterait des difficultés, on lui substitue sans inconvénient une calotte sphérique de grand rayon ayant un angle au centre très-faible. Si au lieu d'un point calorifique on veut avoir une ligne, alors on adoptera un réflecteur conique ou une surface cylindrique, dont la section droite serait un arc de cercle ou mieux de parabole.

Ces miroirs cylindro-paraboliques doivent être généralement préférés aux autres; ils sont d'une exécution géométrique très-facile, et réfléchissent par conséquent la chaleur avec une précision très grande, suivant la ligne focale déterminée une fois pour toutes pour chaque miroir, soit par le calcul, soit par une épure.

La substance réfléchissante à laquelle M. Mouchot a donné la préférence est le plaqué d'argent, l'argent ayant un pouvoir réflecteur beaucoup plus considérable que les autres métaux. Pour des applications en grand; ces miroirs seraient bien coûteux, et peut-être pourrait-on obtenir avec le cuivre des effets assez convenables; c'est une question que l'avenir décidera. Quant aux glaces étamées ou miroirs en verre qu'on peut être tenté d'employer en leur voyant si bien réfléchir la lumière, ils sont peu propres à la réflexion de la chaleur, l'expérience ayant établi que le verre en absorbe une quantité notable. Du reste, l'auteur n'est pas inquiet sur les ressources de l'industrie qui, dit-il, saura se mettre vite en mesure de livrer d'excellents réflecteurs à bon marché, dès que le besoin s'en fera sentir; et déjà, dans le *Moniteur scientifique* du 1er juillet 1869, nous avons lu une note concernant la fabrication de glaces platinisées, préparées par M. Dodé à l'usine de Wailly-sur-Aisne. Le prix de ces glaces est peu élevé, et c'est la face antérieure qui est recouverte de la couche platinifère; de sorte que, dans le cas où l'on voudrait en faire des réflecteurs, il n'y aurait pas à craindre l'absorption de la chaleur par le verre. Toutefois, nous devons faire remarquer que le pouvoir réflecteur du platine est inférieur à celui du cuivre.

La substance réfléchissante est fixée à demeure sur un châssis en bois de forme et de dimensions appropriées à l'appareil soumis à l'insolation. Si, par exemple, il s'agit de produire de la vapeur dans une chaudière analogue à celle dont nous avons figuré précédemment le croquis, on donnera au châssis la hauteur (h) de la chaudière; la longueur (l) de la corde joignant les deux extrémités de la courbe parabolique du châssis sera donnée par la relation

$$C = 10 \times h \times l.$$

C désignant le nombre de calories par minute nécessaire pour produire la vapeur à la pression voulue et dans un temps déterminé.

10 représentant le nombre de calories par mètre carré que reçoit, à la latitude de Paris, une surface normalement exposée aux rayons solaires.

Le châssis sera orienté de façon que les rayons solaires tombent sur le réflecteur normalement à ses génératrices, et la chaudière sera placée suivant l'axe focal.

On conçoit, d'après ce qui précède, que les installations des machines solaires devront se présenter sous des aspects très-divers, variant non-seulement avec la nature du travail à produire, mais encore avec la latitude du lieu ; seulement il faut reconnaître que l'obligation d'échauffer l'eau en couche peu épaisse et d'employer des réflecteurs puissants fait présager que les générateurs solaires, même perfectionnés, auront l'inconvénient de présenter avec leurs accessoires de très-grandes dimensions. Ainsi, rien que pour certaines expériences en petit, l'inventeur n'a pas cru inutile de construire un réflecteur qui, avec la faible hauteur de $0^m,50$, n'a pas moins de $5^m,00$ de longueur; qu'on juge par là de l'aspect d'un réflecteur accolé à une forte machine ! C'est une des premières objections faites à M. Mouchot; mais elle n'a pas l'importance qu'on pourrait croire tout d'abord, car l'auteur n'a jamais voulu prétendre que le soleil de nos climats nous doive être d'une grande utilité au point de vue industriel; mais il fonde sur cet astre les plus grandes espérances dans les régions intertropicales, et là ce n'est généralement pas l'espace qui fait défaut. L'inconvénient signalé n'aura donc d'autre effet que de rendre les machines un peu coûteuses d'achat et d'installation.

Outre l'application aux machines à vapeur, la chaleur solaire serait encore avantageusement employée dans une foule de circonstances que M. Mouchot indique, notamment pour mettre en mouvement, avec de très-légères modifications aux appareils existants, la machine à air chaud de M. Laubereau ou la machine à ammoniaque de M. Frot.

Une idée toute récente, que l'auteur cherche en ce moment à appliquer, c'est de demander au soleil une autre solution du problème déjà résolu par MM. Tessié du Motay et Maréchal, la préparation économique de l'oxygène; tandis que ces derniers le prennent à l'air atmosphérique[1], M. Mouchot le retirerait de l'eau décomposée par un courant thermo-électrique.

Nous rappellerons qu'on donne naissance aux courants dits thermo-électriques en prenant un circuit métallique composé de fils d'espèces différentes soudés alternativement, et en établissant une différence de température entre les soudures paires et les soudures impaires. Prenons par exemple des fils de platine et de fer d'égale longueur soudés les uns aux autres et disposés comme l'indique la fig. 6 (pl. 20).

Formons de la sorte un circuit comprenant de 100 à 150 couples; enroulons ce fil en hélice sur un mandrin cylindrique vertical dont la ci-

1. Voir les Mémoires et comptes rendus des travaux de la Société des Ingénieurs ... année 1868, pages 426 et suivantes.

conférence sera un peu plus petite que deux fois la longueur uniforme des fils élémentaires. On conçoit que de la sorte toutes les soudures paires viendront s'appliquer sur une même génératrice du cylindre et toutes les soudures impaires sur la génératrice diamétralement opposée. Disposons cet appareil de façon à faire coïncider avec le foyer d'un réflecteur solaire la ligne des soudures paires, par exemple, et refroidissons la ligne des soudures impaires à l'aide d'un manchon contenant de la glace ou un mélange réfrigérant; un courant se formera aussitôt, et, en faisant plonger les deux électrodes dans un vase contenant de l'eau, ce liquide sera décomposé, et l'oxygène et l'hydrogène pourront être recueillis séparément dans des éprouvettes, le premier au pôle positif, le second au pôle négatif (fig. 7).

Le courant le plus intense se produit quand on choisit un circuit formé d'antimoine et de bismuth; le fer et le platine donnent encore de très-bons effets; le fer, associé au cuivre, ne produit que des courants d'une très-faible tension.

Par des raisons d'économie, c'est avec ces deux derniers métaux qu'un premier essai a été fait. Le circuit ne se composait que de 10 éléments; on s'est contenté, de plus, d'échauffer une seule série de soudures en laissant l'autre série simplement exposée à l'air libre. Il n'est donc pas étonnant que, dans ces conditions, on n'ait pu obtenir la plus légère trace de production de gaz; mais cette expérience très-curieuse sera de nouveau tentée avec plus de soins, et nous ne manquerons pas, s'il y a lieu, d'en signaler la réussite.

Ce qui précède doit suffire pour montrer qu'un vaste champ s'ouvre devant nous pour les applications de la chaleur solaire; attendons avec confiance la sanction des expériences en grand, bien convaincus que, lorsque nous aurons appris à manier à notre guise cet agent si puissant, les esprits pratiques ne tarderont pas à surgir et à se mettre courageusement à l'œuvre.

APPENDICE.

CALCUL DES DIMENSIONS ET DE L'EFFET UTILE D'UNE POMPE SOLAIRE.

Il nous a paru intéressant de soumettre au calcul les conditions d'établissement d'une pompe solaire dans le genre de celle dont nous avons donné le croquis.

En principe, la marche à suivre paraît assez simple :

1° Une première équation est fournie par la condition d'*égalité* des volumes du liquide déplacé d'une branche dans l'autre; cette expression algébrique établit de suite une relation entre la hauteur l de la colonne liquide déprimée et les dimensions des corps de pompe et des réservoirs à eau et à air. En choisissant des rapports simples entre ces différentes dimensions, on arrive à dégager la valeur de l en fonction de l'une d'elles, par exemple du diamètre D du grand corps de pompe; on a donc une expression de la forme

$$l = f(D). \qquad (1)$$

2° Une seconde équation s'obtient en exprimant qu'il y a égalité de pression dans les deux branches, par unité de surface du plan horizontal passant par le niveau du liquide déprimé.

Dans la branche ouverte, cette pression, par unité de surface, n'est autre que la pression atmosphérique augmentée de la pression de la colonne liquide; elle se présente, après simplification, sous la forme

$$A + f(D).$$

Dans la branche fermée, la pression s'évalue à l'aide de la formule connue :

$$P'' = P' \frac{V'}{V''} \times \frac{1 + K t''}{1 + K t'}.$$

P', V', t' pression, volume, température du gaz à l'instant initial.
P'', V'', t'' — — — à l'instant final.

K coefficient de dilatation égal à $0{,}003666\ldots = \frac{11}{3000}$ (les températures étant exprimées en degrés centigrades).

Les relations déjà établies entre les différentes dimensions de l'appareil, qui nous ont donné l'équation (1), et d'autres analogues nous permettront d'exprimer V' et V'' en fonction de D, et notre seconde équation se présentera sous la forme générale :

$$A + f(D) = P' \frac{\varphi(D)}{\psi(D)} \times \frac{3000 + 11\,t''}{3000 + 11\,t'}. \qquad (2)$$

P' et t'' sont deux quantités connues; en appliquant à t'' une valeur arbitraire (ne dépassant pas toutefois les limites assignées par l'observation), on déduira de la formule (2) la valeur D et par suite toutes les autres dimensions.

Si le calcul amenait à un résultat inacceptable en pratique, il y aurait à changer les hypothèses relatives aux dimensions de l'appareil ou à la valeur de t'' et à refaire le calcul sur d'autres bases.

On eût pu prendre pour inconnue telle autre quantité qu'on eût voulu sans que, pour cela, il y ait eu à modifier la marche de ce calcul, qui conserve un caractère de généralité.

Ce calcul, disions-nous, est simple en principe; en réalité il ne laisse pas que d'être assez compliqué; on est conduit fatalement à une équation d'un degré élevé, et ce n'est qu'en négligeant certains termes, dont l'importance est manifeste, qu'on arrive à réduire cette équation au second degré et qu'on peut en tirer un résultat approximatif; cependant il est bon de le tenter, car les circonstances locales d'une installation de ce genre peuvent varier à l'infini, et le résultat qu'on obtiendra par le calcul servira tout au moins à limiter le champ des tâtonnements.

M. Mouchot s'est aussi livré à quelques calculs au sujet de son appareil d'expérience sur l'air confiné, appareil qui peut être assimilé à une pompe solaire simplifiée. La méthode qu'il a adoptée consiste à appliquer le théorème de l'effet du travail et mène à une équation transcendante. Elle ne présente donc pas la simplicité qu'on doit rechercher en pratique; mais les résultats auxquels elle conduit ne sont pas pour cela d'un emploi difficile. Nous verrons qu'il suffit de les interpréter convenablement pour les rendre applicables à un très-grand nombre de cas dans lesquels on pourra généralement se maintenir en pratique; ils sont d'ailleurs si bien d'accord avec les faits d'expérience que l'on en doit retirer une certaine confiance; aussi avons-nous demandé à l'auteur l'autorisation de faire connaître la marche de son calcul, que nous allons appliquer au cas le plus général.

Soient donc deux vases cylindriques de section B et b communiquant par un tuyau : le premier, fermé à sa partie supérieure, contient un volume V d'air à t degrés, et à la pression atmosphérique p, sur une hauteur h (fig. 8).

De l'eau, introduite dans cet appareil, s'élève dans le réservoir fermé jusqu'au niveau N et atteint le même niveau dans le tuyau ouvert.

Par l'effet de l'échauffement au soleil jusqu'à la température t, la pression de la masse gazeuse deviendrait, si le volume restait constant :

$$p\,\frac{1+\mathrm{K}\,t'}{1+\mathrm{K}\,t}.$$

La différence $p\,\frac{1+\mathrm{K}\,t'}{1+\mathrm{K}\,t} - p$ ou $p\,\frac{\mathrm{K}\,(t'-t)}{1+\mathrm{K}\,t}$ entre cette pression à t' degrés et la pression à t degrés est la force qui déprime le liquide du niveau N au niveau N' ; nous désignons cet abaissement par x et nous appelons y la hauteur dont le liquide s'est élevé dans la branche ouverte; cette hauteur est déterminée par la relation des volumes déjà établie :

$$y = \frac{\mathrm{B}}{b}\,x = mx. \qquad \text{(A)}$$

La différence de niveau du liquide dans les deux branches est maintenant :

$$y + x,$$

ou

$$(1+m)\,x.$$

Le volume de l'air dilaté est :

$$\mathrm{V} + \mathrm{B}x,$$

et sa pression est devenue, suivant une formule déjà posée :

$$p' = p\,\frac{\mathrm{V}}{\mathrm{V}+\mathrm{B}x} \times \frac{1+\mathrm{K}\,t'}{1+\mathrm{K}\,t};$$

ou, à cause de l'égalité :

$$\frac{\mathrm{V}}{\mathrm{V}+\mathrm{B}x} = \frac{h}{h+x}$$

$$p' = \frac{ph}{h+x} \times \frac{1+\mathrm{K}\,t'}{1+\mathrm{K}\,t};$$

Appliquons à cet instant le théorème de l'effet du travail dont l'expression est :

$$\frac{1}{2}\,m\,(\mathrm{V}^2 - \mathrm{V}_0^2) = \Sigma\,\mathrm{T}\,\mathrm{F}. \qquad \text{(B)}$$

Quelles sont les forces extérieures F, maintenant en jeu, que nous avons à considérer? Ce sont :

1° La pression de la masse gazeuse sur le liquide. Pour la section B cette force a pour valeur :

$$\mathrm{B}\,\frac{ph}{h+x} \times \frac{1+\mathrm{K}\,t'}{1+\mathrm{K}\,t};$$

et le travail moteur élémentaire a pour expression :

$$B\frac{ph}{h+x}\cdot\frac{1+Kt'}{1+Kt}\,dx,$$

en désignant par dx le déplacement du point d'application de la puissance.

2° La résistance opposée par la colonne liquide et la pression atmosphérique, c'est-à-dire :

$$(x+by)+bp,$$

ou

$$b(1+m)x+bp.$$

Le travail résistant élémentaire sera, en remarquant qu'au déplacement dx correspond un déplacement $dy = mdx$:

$$[b(1+m)x+bp]\,mdx,$$

ou

$$B[(1+m)x+p]\,dx.$$

La somme des travaux élémentaires des forces extérieures est donc :

$$B\left[\frac{ph}{h+x}\cdot\frac{1+Kt'}{1+Kt}-(1+m)x-p\right]dx;$$

et le travail total développé jusqu'à l'instant considéré sera :

$$Travail = B\int_0^x\left[\frac{ph}{h+x}\cdot\frac{1+Kt'}{1+Kt}-(1+m)x-p\right]dx;$$

ou, en intégrant :

$$Travail = B\left(ph\frac{1+Kt'}{1+Kt}L\frac{h+x}{h}-\frac{1+m}{2}x^2-px\right).$$

Or les vitesses V et V_0 du liquide étant nulles, l'accroissement de puissance vive de l'équation (B) est aussi nul, et nous aurons par conséquent, en égalant à 0 le second facteur de l'expression précédente :

$$ph\frac{1+Kt'}{1+Kt}L\frac{h+x}{h}-\frac{1+m}{2}x^2-px=0.$$

Pour résoudre cette équation par rapport à x, substituons au logarithme népérien son développement en série convergente :

$$ph\frac{1+Kt'}{1+Kt}\left(\frac{x}{h}-\frac{x^2}{2h^2}+\frac{x^3}{3h^3}-\frac{x^4}{4h^4}+\ldots\ldots\right)-\frac{1+m}{2}x^2-px=0.$$

La dépression x étant en général très-petite, le rapport $\frac{x}{h}$ est *à fortiori* très-petit, et on peut négliger les puissances de ce rapport supérieures à la seconde.

On a alors l'équation :

$$ph\frac{1+Kt'}{1+Kt}\left(\frac{x}{h}-\frac{x^2}{2h^2}\right)-\frac{1+m}{2}x^2-px=0,$$

d'où l'on tire :

$$x=\frac{2phK\,(t'-t)}{p\,(1+Kt')+h\,(1+m)\,(1+Kt)}.$$

La valeur de y se calcule ensuite à l'aide de l'équation (A), et enfin on peut évaluer l'effet utile en observant qu'il équivaut au travail produit par l'élévation du poids d'eau Bx à la hauteur $\frac{y}{2}$.

On a donc :

$$\text{effet utile, } U=Bx\frac{y}{2},$$

ou

$$U=\frac{Bmx^2}{2}.$$

Appliquons ces formules à l'appareil qui a servi aux expériences sur l'air confiné.

Le volume de l'air, réduit à un cylindre de même diamètre que le corps de la cloche, occupait une hauteur $h=0^m,15$; les autres quantités, entrant dans les formules précédentes, avaient pour valeur :

$$\left.\begin{array}{l} B=0^{mq},07 \\ b=0^{mq},0001 \end{array}\right\} \text{ donc } m=\frac{0,07}{0,0001}=700.$$

$$\begin{array}{l} t=0, \\ t'=100, \\ K=0,00366, \\ p=10^m,33, \end{array}$$

Avec ces données on trouve :

$$\begin{array}{ll} x=0^m,0095, & \\ y=6^m,65, & \text{(la hauteur observée a été de } 6^m,00). \\ U=2^{kgm},21. & \end{array}$$

Nous avons à examiner maintenant le cas le plus ordinaire, celui de l'écoulement du liquide par la petite branche. Pour nous mettre dans les conditions où se présente la pompe solaire après un premier refroidissement, nous devons supposer un clapet en A (voir figure 8) et admettre que la branche AB est remplie de liquide.

Conservons aux lettres B, b, h, p, K, t, t', V, les significations qui leur ont déjà été attribuées, et appelons l la hauteur AB.

Au moment où le liquide s'est abaissé de la quantité x, du niveau au niveau N',

on a pour puissance :

$$B\left(\frac{ph}{h+x}\cdot\frac{1+Kt'}{1+Kt}\right),$$

et pour résistance :

$$b\,(p+l+x).$$

La somme des travaux élémentaires est alors :

$$B\left(\frac{ph}{h+x}\cdot\frac{1+Kt'}{1+Kt}\right)dx - b\,(p+l+x)\,dy,$$

ou, à cause des relations

$$dy = m\,dx,$$

et

$$B = mb,$$

$$B\left(\frac{ph}{h+x}\cdot\frac{1+Kt'}{1+Kt} - p - l - x\right)dx,$$

et le travail total développé jusqu'à cet instant est :

$$\text{Travail} = B\int_0^x\left(\frac{ph}{h+x}\cdot\frac{1+Kt'}{1+Kt} - p - l - x\right)dx,$$

$$= B\left(ph\,\frac{1+Kt'}{1+Kt}\,L\,\frac{h+x}{h} - (p+l)x - \frac{x^2}{2}\right).$$

Lorsque x est maximum, la vitesse V du terme $\frac{1}{2}\,mV^2$ de l'équation de l'effet du travail (A) devient 0; la vitesse initiale étant aussi 0 le terme ΣTF devient lui-même nul. Il en résulte qu'on obtient le maximum de x en égalant à 0 le second facteur de l'expression précédente; on a donc :

$$ph\,\frac{1+Kt'}{1+Kt}\,L\,\frac{h+x}{h} - (p+l)\,x - \frac{x^2}{2} = 0.$$

Développons $L\,\frac{h+x}{h}$ en série ainsi que nous l'avons fait précédemment, supprimons de même les puissances de $\frac{x}{h}$ supérieures à la seconde; nous aurons l'équation :

$$ph\,\frac{1+Kt'}{1+Kt}\left(\frac{x}{h} - \frac{x^2}{2h^2}\right) - (p+l)\,x - \frac{x^2}{2} = 0,$$

de laquelle on tire :

$$x = \frac{2h\,|\,pK\,(t'-t) - l\,(1+Kt)\,|}{p\,(1+Kt') + h\,(1+Kt)}.$$

L'effet utile est le travail correspondant à l'élévation du poids d'eau Bx à la hauteur l,

$$U = Bxl;$$

et, en remplaçant x par sa valeur :

$$U = \frac{2Bhl\,[pK(t'-t) - l(1+Kt)]}{p(1+Kt') + h(1+Kt)};$$

en mettant le numérateur sous la forme

$$2Bh(1+Kt)\,l\left(\frac{pK(t'-t)}{1+Kt} - l\right),$$

on voit :

1° Que U est nul lorsque $l = 0$;

2° Que U va en croissant à mesure que l augmente;

3° Que U redevient nul lorsque $l = \frac{pK(t'-t)}{1+Kt}$.

U a donc un maximum correspondant à une certaine valeur intermédiaire de l qu'il est utile de chercher. Or, nous observons que la somme des facteurs du produit $l\left(\frac{pK(t'-t)}{1+Kt} - l\right)$ est constante et égale à $\frac{pK(t'-t)}{1+Kt}$; le produit est donc maximum lorsque les deux facteurs sont égaux. Posant donc :

$$l = \frac{pK(t'-t)}{1+Kt} - l,$$

on déduit de cette équation la valeur de l correspondant au maximum de U :

$$l = \frac{pK(t'-t)}{2(1+Kt)}.$$

Reprenons, pour les appliquer au cas de l'écoulement, les données numériques précitées, en faisant $l = 2^m,00$ (hauteur adoptée dans les expériences précédemment relatées).

Nous aurons pour résultats :

$x = 0^m,0374.$

U $= 5^{kgm},236$ (l'effet utile observé a été d'environ 4^{kgm}.

U maximum $= 5^{kgm},252$ correspondant à $l = 1^m,89$, — et à $x = 0^m,0397$.

On voit combien ces résultats du calcul se rapprochent de ceux de

expériences directes ; les légères différences proviennent des déperditions de chaleur, des variations de température de l'air ambiant, des frottements, de la capillarité, etc...., influences dont nous avons dû faire abstraction dans nos formules.

Pour ne rien laisser dans le vague, nous résumerons sous forme de tableau, en vue des applications, les formules qui viennent d'être établies.

DONNÉES.

t température initiale du gaz confiné.
t' température finale du gaz confiné.
p pression initiale du gaz confiné exprimée en hauteur d'eau.
B section intérieure du récipient mesurée dans le plan de séparation des deux fluides à l'instant initial.
h hauteur d'un prisme gazeux de base B et de volume équivalant à celui du gaz confiné à l'instant initial.
m rapport de la section B à la section horizontale uniforme de la colonne liquide soulevée.
K coefficient de dilatation des gaz égal à 0,00366.
l hauteur de l'orifice d'écoulement mesurée verticalement à partir du plan de séparation des deux fluides à l'instant initial.

RÉSULTATS.

1er cas. — *Ascension libre du liquide dans la petite branche.*

x dépression (correspondant à la section B) du liquide dans le réservoir fermé :

$$x = \frac{2phK(t'-t)}{p(1+Kt')+h(1+m)(1+Kt)}.$$

y hauteur d'ascension du liquide dans la petite branche, mesurée verticalement :

$$y = mx.$$

U effet utile :

$$U = \frac{Bmx^2}{2}.$$

En prenant le mètre pour unité et multipliant le résultat par 1000, on a la valeur de U en kilogrammètres.

2e cas. — *Ecoulement du liquide par la petite branche.*

x dépression maxima (correspondant à la section B) du liquide dans le réservoir fermé :

$$x = \frac{2h\left|pK(t'-t)-l(1+Kt)\right|}{p(1+Kt')+h(1+Kt)}.$$

L valeur de la hauteur l pour laquelle l'effet utile est maximum :

$$L = \frac{pK(t'-t)}{2(1+Kt)}.$$

U effet utile,

$$U = Blx.$$

Mêmes observations que dans le premier cas pour la valeur des unités dynamiques.

Les quantités t, p, K, l, étant toujours connues, on voit, à la seule inspection du tableau, que les formules précédentes seront applicables quand on pourra évaluer les quantités B, h, m, t.

Cette évaluation pourra bien mener encore à des expressions un peu compliquées; il faudra les simplifier, autant que possible, sous peine de renoncer forcément à l'emploi de formules aussi précises; le choix des formes et des conditions de l'installation d'une pompe solaire sera donc de la part du constructeur une question d'adresse.

Nous avons évité, dans le tableau précédent, toute hypothèse sur la forme de la section B, qui pourra être par conséquent circulaire, elliptique ou polygonale; nous n'avons pas non plus supposé que la petite branche de l'appareil devait être verticale; nous avons ainsi des formules plus facilement applicables aux divers cas qui pourront se présenter.

CONSIDÉRATIONS ÉLÉMENTAIRES

SUR LES

CONDITIONS THÉORIQUES DE LA NAVIGATION AÉRIENNE

PAR M. PIERRE THOMAS.

Il m'a semblé qu'en ce moment où tout le monde parle de la navigation aérienne, où l'on cite des semblants d'expériences desquelles, les trois quarts du temps, on tire des conséquences fausses, où, en somme, l'attention publique est attirée sur le problème à tel point que chaque jour voit éclore des projets, dont la plupart sont de la valeur de celui dont on nous a donné lecture à notre dernière séance, nous nous devions à nous-mêmes, et peut-être aussi au public des inventeurs, de circonscrire la question dans les limites où l'enferme l'état actuel de la science et des moyens pratiques que l'industrie tient à sa disposition.

Beaucoup de nos collègues, bien plus autorisés que moi, pourraient utilement prendre la parole sur ce sujet; mais, à défaut des sommités de notre Société, permettez à un membre aussi ordinaire que votre serviteur, de venir vous dire, en peu de mots, ce que vous savez tous aussi bien que lui, mais qui lui paraît devoir être dit ici une fois au moins.

Je commencerai par la question la plus actuelle, puisqu'elle est sur le point d'être résolue pratiquement dans certaines limites, la direction d'un aérostat par un propulseur.

Laissant de côté les moyens d'exécution et les détails pratiques d'installation, voyons seulement, au point de vue théorique, quelles sont les résistances à vaincre dans des données possibles et les quantités de travail exigées.

La formule de la résistance de l'air à la progression d'un aérostat est videmment identique à celle appliquée aux navires, en tenant compte le la différence de densité des deux fluides :

$$R = KA\frac{V^2}{2g} \quad \text{et} \quad T_v = KA = \frac{V^3}{2g}.$$

K coefficient d'expérience,

A section immergée du maître couple,

R résistance en unités de 1000 kil. (la densité de l'eau étant prise pour 1000.)

Pour l'aérostat, nous aurons de même :

$$R = K d A \frac{V^2}{2g},$$

dans laquelle A sera la section transversale du ballon; d la densité de l'air qu'on peut prendre en moyenne de 1.3; K un coefficient à déterminer; R la résistance en kilogrammes.

Pour attribuer au coefficient K une valeur rationnelle, nous ne pouvons guère raisonner que par analogie.

Des expériences faites dans l'eau pour l'établissement de la formule des bateaux il résulte que K, dont la valeur atteint 1.70 à 2 dans le cas d'une plaque mince, se réduit à 1.10 dans le cas d'un prisme rectangulaire d'une certaine longueur, et à 0.46 lorsqu'on ajoute à ce prisme une proue et une poupe cylindriques à axe vertical. Il est probable qu'une proue et une poupe sphériques diminueraient encore la valeur de K et pourraient l'amener à une valeur de 0.30 à 0.25.

Au reste, la comparaison de ces résultats avec ceux *obtenus* par Newton, dans ses expériences sur la chute des globes de verre, et plus tard, par MM. Didion et Morin, à Metz, nous confirmera dans cette appréciation.

La résistance de l'air à une sphère en mouvement (dans les limites de vitesse comprises entre 0 et 9 mètres) peut s'évaluer, suivant Morin, à

$$0.0375\ A V^2,$$

ce qui donnerait, pour notre coefficient K, une valeur de 0.56. Or, l'allongement de la sphère en un cylindre terminé par deux calottes, ou même en un ellipsoïde, pourrait-il diminuer le coefficient de moitié? J'en doute fort, et je pense que le chiffre de 0.30 doit être fort près de la vérité *pour les formes de ballons exécutables* (1).

1. Une expérience, faite ces jours derniers sur un aérostat gonflé, corrobore parfaitement le chiffre donné par Morin; un ballon de 20 mètres cubes a exigé, pour acquérir une vitesse uniforme de 1m, un effort de 7 kilog.; d'après ces chiffres, dans l'expérience en question on avait :

$$R = 7,$$
$$A = 18,$$
$$V = 1,$$

d'où la valeur $K = \frac{2gR}{dAV^2}$ devient $\frac{1.3 \times 18}{7 \times 19.60} = 0.58.$

$$R = 0.30\ d\,A\,\frac{V^2}{2g}.$$

Reste à évaluer le travail perdu par l'hélice pour équilibrer cette résistance.

Considérons le mouvement à transmettre comme devant l'être par une aile se mouvant normalement à sa surface. (Il sera aisé, quand on le voudra, d'appliquer les résultats à l'hélice, en prenant pour surface celle de la base du cylindre circonscrit et pour vitesse la vitesse dans le sens parallèle à l'arbre d'un point moyen de l'hélice.)

Voyons quelle sera la vitesse à imprimer à une aile pour faire équilibre à une résistance donnée, c'est-à-dire pour produire une pression R.

Pour cette évaluation nous nous trouvons en face de trois formules qui se corroborent assez bien :

Celle que donne Morin, pour la résistance de l'air à une plaque :

$$R = 0.118\ AV^2.$$

Celle de Smeaton, pour les moulins à vent :

$$R = 0.11\ ds^{1.1}\ V^2,$$

simplifiée par la pratique à :

$$R = ds \times 2h.$$

La formule théorique étant :

$$R = K\,ds\,\frac{V^2}{2g},$$

ces trois formules nous donnent respectivement, pour valeur de K, 1.76, 2.15 et 2 (en négligeant le coefficient 1.1 de la formule n° 2).

Cette valeur du coefficient K semble assez rationnelle, car la pression est égale au poids d'un volume d'air ayant s pour base et pour hauteur h (hauteur due à la vitesse), expression qui doit être doublée (sauf les remous), puisqu'on doit déplacer l'air devant et derrière la plaque.

Nous tirerons pratiquement, en admettant K = 2 :

$$v = \sqrt{\frac{gR}{ds}}.$$

Pour simplifier les formules à écrire, nous appelons v la vitesse relative de l'aile, différence entre sa vitesse absolue et celle de l'aérostat en mouvement ; les résultats de la discussion resteront les mêmes, puisqu'en somme le travail dépend seulement de cette vitesse relative, et

qu'encore une fois nous n'avons pas la prétention de donner une théorie complète, mais seulement *des considérations théoriques.*

Nous pourrons donc poser pour expression du travail à produire les formules :

$$(1) \qquad T_u = 0.02\ A V^2 \times V = 0.02\ A V^3,$$

$$(2) \qquad T_p = R \times v = R \sqrt{\frac{g R}{d s}} = R \sqrt{\frac{7.50\ R}{s}},$$

dans lesquelles

V = vitesse de l'aérostat,

v = vitesse de l'aile.

La formule n° 2 nous montre que le travail perdu, ainsi que le travail moteur, varie comme le cube de la vitesse à obtenir. En effet T_p est fonction de R et de $\sqrt{R}$, soit de $R^{\frac{3}{2}}$; or, R étant fonction de V^2, T_p augmentera comme

$$V^2 \times V = V^3.$$

Appliquons les formules à un cas pratique : soit un aérostat de 40^m de diamètre et 20^m de longueur (y aurait-il lieu à le faire plus long à cause du tangage)? Un tel ballon cubera environ 1300^m et pourra enlever un poids utile de 600^k.

A sera environ 80^m.

Supposons une vitesse de 7 kil. à l'heure, soit 2^m par seconde, le travail utile sera :

$$T_u = 0.02 \times 80 \times 8 = 12^{km}.80.$$

Le travail perdu sera :

$$T_p = 6.40 \times \sqrt{\frac{7.50 \times 6.40}{s}}.$$

Admettons une aile de 16 mètres carrés, le 1/5 de la surface A, proportion adoptée pour les bateaux, ce qui représente une hélice de 5 mètres de diamètre au moins,

T_p sera $6.40 \times \sqrt{3} = 11^{km}.07$,

Total $T_u + T_p = 23^{km}.90$.

Soit le travail de 3 hommes, et par conséquent un équipage indispensable de 6 hommes pour qu'ils puissent se relayer, soit un poids d'environ 450 kilogrammes; reste 150 kil. pour le poids de l'hélice, provisions, dépêches, etc.: on voit qu'on est bien près de la limite.

1° En allongeant le ballon (question pratique à examiner à cause du tangage).

2° En diminuant K; dans les navires, on arrive à 0.05, et facilement à 0.10 : si on pouvait arriver à faire un ballon théorique dans des conditions de formes analogues, on arriverait à diminuer le travail des 2/3, soit à employer 3 hommes au lieu de 9 pour la même vitesse.

3° En augmentant la surface de l'aile; mais ainsi on n'économisera le travail qu'en proportion de la racine carrée de cette surface, c'est-à-dire de peu de chose et seulement pour le travail perdu, le travail utile restant le même.

Quant à l'augmentation de vitesse due au triplement de la force, dans l'hypothèse n° 2, elle ne serait que de

$$1 : \sqrt[4]{3}, \text{ soit } 1 : 1.40 \text{ environ,}$$

résultat peu important; la grosse difficulté sera toujours dans l'obtention de certaines vitesses.

Quant au moteur à employer, nous avons supposé l'application de la force humaine : d'abord parce qu'il faut toujours transporter des hommes; ensuite parce que, dans l'état actuel de la mécanique, l'homme est encore une des machines les plus légères. Une machine d'un cheval, outre son poids propre et celui de son générateur qu'on ne peut guère évaluer à moins de 500 kil. en tout, doit emporter pour 10 heures de travail, environ 250 kil. de combustible et d'eau, plus le poids de son mécanicien lui-même : le tout ne va pas loin de 8 à 900 kilogrammes, chiffre qui serait à peu près le même que celui que nous avons adopté pour des moteurs humains, en faisant entrer en ligne de compte la perte de travail due aux transmissions et aux frottements des divers organes.

Supposant néanmoins que l'on pût réduire ce poids de moitié par la création d'une machine exceptionnellement légère, on arriverait à poids égal à gagner en travail le double, et en vitesse seulement le rapport de

$$1 : \sqrt[3]{2}, \text{ soit } 1 : 1.25.$$

On peut donc dire qu'en l'état, les vitesses de 7 kilomètres sont un maximum pratique, et qu'on pourra peut-être atteindre, avec tous les perfectionnements *actuellement* possibles, une limite de 10 kilomètres.

Or, un vent ordinaire parcourt 15 kilomètres à l'heure, un vent un peu fort environ 36 kil., et les ouragans vont jusqu'à 160.

Tout ce que peut donc espérer l'aéronaute (sauf la découverte à venir

d'un moteur léger et puissant) serait en temps ordinaire de gagner, en direction, de 45 à 90° sur la direction du vent régnant avec une dérive assez importante[1].

Parlons maintenant d'une utopie qui a pris, depuis quelque cinq ou six ans, une certaine faveur grâce à une approbation un peu irréfléchie de quelques hommes sérieux : l'*aviation* ou vol mécanique obtenu avec un appareil *plus lourd que l'air*.

Permettez-moi, avant de discuter la question, d'appuyer en quelques mots, et à l'aide de quelques exemples, sur le principe du *travail perdu*, qui, faible fraction du travail total dans les bateaux, portion assez considérable dans la propulsion des ballons, prend ici une importance capitale.

Toutes les fois qu'on veut produire un travail mécanique en empruntant le point d'appui sur un milieu mobile, on doit employer, outre le travail utile P E (le poids soulevé multiplié par le chemin parcouru), un autre travail entièrement perdu dont l'expression est :

$$T_p = P \times \sqrt{\frac{g\,P}{d\,s}}.$$

P — poids à soulever,
g — accélération = 9.80,
d — densité du fluide (poids d'un mètre cube),
s — surface du propulseur.

Ce travail dépend du poids à soulever ou de la résistance à vaincre, de la densité du milieu et de la surface de l'aile.

Dans le même milieu et à surface égale il augmente comme la puissance $\frac{3}{2}$ de la résistance ($P \times \sqrt{P}$); à résistance égale, il diminue comme la racine carrée de la surface s; à résistance et surface égales, il varie comme la racine de la densité des fluides. (De l'eau à l'air à résistance égale la proportion est de 1.14 à 31.60.)

1. On a quelquefois mis en avant l'idée de machines à explosion, où le moteur serait par exemple la poudre à canon ; deux chiffres feront comprendre que ce moteur est loin d'être même aussi avantageux que la vapeur.

Avec le fusil chassepot, engin qui utilise le mieux la force d'expansion de la poudre, une balle de 25 grammes, chassée par 5 grammes de poudre, peut être projetée à 1400 mètres de hauteur, produisant ainsi 25 kilogrammètres, soit 5,000 kilom. par kilogramme de poudre.

Or, 20 kil. d'eau plus 4 kil. de charbon produisent dans une machine ordinaire 75 kilomètres par seconde, pendant une heure, soit 270,000 kilom. ou par kilogramme de matière employée $\frac{270,000}{24} = 11,250$ kilom.

Pour faire toucher du doigt l'origine indiscutable de ce travail perdu, prenons l'exemple d'un bateau auquel l'eau oppose à la vitesse demandée une résistance R : si ce bateau est mis en mouvement par un effort appuyé sur un point fixe, le travail dépensé pour le faire avancer d'une quantité E sera exactement RE ou par seconde RV.

Mais si l'impulsion est obtenue au moyen d'une palette, rame ou hélice, pendant l'effort produit, le propulseur reculera d'une certaine quantité en même temps que le bateau avancera; le travail total produit sera la résistance R multipliée par l'écart complet définitif entre l'avant du bateau et l'aile; soit en appelant E le chemin parcouru par le bateau, et *e* celui parcouru en même temps par l'aile, $RE + Re$; et de cette somme, le travail utile sera seulement RE; ou, en considérant une action continue,

$$RV = T_u \qquad Rv = T_p;$$

or la vitesse v dépend absolument de la résistance qu'offre le milieu mobile, c'est-à-dire de la densité de ce milieu et de la surface du propulseur.

Appliquons le raisonnement à un poids à soulever dans l'air ou dans l'eau; si le point d'appui est pris sur la terre (comme pour un homme qui saute à une certaine hauteur), le travail développé sera exactement (sauf les frottements du fluide ambiant) $P \times E$.

Mais si le point d'appui est pris sur le milieu mobile, au moyen d'une ile, au moment de l'effort, l'aile descendra d'une certaine quantité en ême temps que le mobile montera d'une autre, et le travail total era P multiplié par la somme des chemins en sens inverse, soit PE our le travail utile, et P*e* pour le travail perdu.

Un autre exemple pour fixer les idées : soit un point pesant abanonné à lui-même; il descendra animé d'un mouvement uniformément célé, en vertu de la loi $V = gt$, si l'on suppose ce point muni d'une le inférieure, en vertu de laquelle la résistance de l'air fasse obstacle mouvement; à mesure que la vitesse de descente augmentera, la rétance augmentera aussi jusqu'à la limite $R = P$; alors le mobile ntinuera à descendre d'un mouvement uniforme en vertu seulement la vitesse acquise, et sa pesanteur sera équilibrée; il sera dans les nditions d'un corps qu'aucune force ne sollicite, et la moindre force 'on y appliquera lui communiquera une vitesse absolue ou relative ns n'importe quel sens : l'application de cette force déterminera un vail utile FV.

lais l'équilibre $R = P$, qui nous permet cette application, n'est ob- u qu'en vertu d'un travail constant $Rv = Pv$ (v = vitesse de la des- *e uni*forme du système). Travail absolument perdu pour équilibrer *oids* P.

t lie u d'un corps descendant uniformément équilibré par une aile

fixe, supposez-le muni d'une aile mobile, hélice ou autre, animée de la vitesse v, les conditions d'équilibre seront les mêmes, sauf que le système restera suspendu sans vitesse acquise, et le travail perdu, pour obtenir cet équilibre, sera toujours $P \times v$.

Maintenant, quel que soit le propulseur adopté, que ce soit une hélice libre ou enfermée dans une enveloppe, que ce soit une aile plane ou une aile concave, l'expression

$$T_p = P\sqrt{\frac{gP}{ds}}$$

sera toujours rigoureuse, sauf le coefficient de rendement.

Une hélice rendra moins qu'une aile théorique (j'entends une aile pour laquelle on ne compte pas le travail de remonte), une aile plane rendra moins qu'une aile concave.

Mais le maximum théorique de l'hélice sera égal à celui de l'aile plane à mouvement continu pour lequel

$$V = \sqrt{\frac{gP}{ds}}.$$

Celui d'une aile concave *sans remontage*, c'est-à-dire impossible à réaliser, à ce qu'il me semble, serait plus considérable.

D'après les expériences faites sur les anémomètres à boule, le rendement en *résistance* d'une surface concave est presque double de celui d'une surface plane. Dans ce cas, l'expression de la vitesse pour un effort P serait :

$$V = \sqrt{\frac{gP}{2ds}},$$

c'est-à-dire que le travail perdu serait diminué dans le rapport de $\sqrt{2}$ à 1, soit de 14 à 10.

Quant à diminuer le travail perdu en accroissant dans de grandes limites la surface du propulseur, on tomberait assez rapidement dans un cercle vicieux, en considérant que, si le travail décroît comme la racine carrée de cette surface, le poids du propulseur lui-même augmente au moins comme la surface en question, et que le travail est en raison de la puissance $\frac{3}{2}$ du poids à soulever.

D'où il suit qu'à l'instant où le poids du moteur sera inférieur ou égal à celui du propulseur, toute augmentation de surface se traduira par une augmentation absolue de travail perdu.

Je ne dis pas tout cela pour nier la possibilité *philosophique* de l'aviation, car on ne sait ce que nous réserve l'avenir, en fait de moteurs légers et de forces inconnues; mais en l'état, il faut supplier ceux qui

s'adonnent à cette recherche, de soumettre leurs spéculations au crible des formules, et de ne pas se contenter d'appréciations ou de soi-disant axiomes tout faits.

Ceci posé, appliquons la formule à l'hypothèse d'un homme armé d'ailes ou muni d'un mécanisme pouvant rendre autant d'effet qu'une aile plane à mouvement permanent.

La valeur du travail perdu, employé seulement à équilibrer le poids de l'homme, sera, d'après ce que nous avons dit :

$$P\sqrt{\frac{gP}{ds}},$$

soit P, poids d'un homme moyen $= 70^k$: s surface de l'aile $= 20$ mètres carrés, ce qui est déjà un propulseur d'une belle dimension, surtout si nous supposons qu'il ne pèse rien.

La vitesse

$$\sqrt{\frac{gP}{ds}}$$

à imprimer à l'aile sera de $5^m.10$ par seconde, et le travail

$$70 \times 5.10 = 357^{km}.$$

Et si nous introduisons le poids de l'aile dans les données du problème, ce poids ne fût-il que d'un kilog. par mètre carré, y compris les armatures, nous aurons pour valeur du travail 522^{km}.

A quoi il faudrait ajouter en tous cas le travail utile à produire, soit l'élévation du poids lui-même et sa translation avec une certaine vitesse.

Le premier, en admettant une élévation de $0^m,10$ par seconde, aurait une valeur de 9^{km}; le second, avec une vitesse de 2 mètres, arriverait environ à 18.3^{km} ($1/2\ mV^2$).

On voit que, comme nous l'avons dit, le travail perdu est de *beaucoup* le plus important à considérer dans cette affaire, et que par son fait seul, un homme de taille moyenne devrait développer, pour se soutenir en l'air, un travail équivalent à environ 8 chevaux-vapeur.

Encore faudrait-il tenir compte de la différence considérable de rendement entre une hélice ou une aile intermittente et *une aile théorique à mouvement permanent*, comme nous l'avons admise.

Une autre manière de considérer la question, qui en rend l'impossibilité pratique plus frappante encore, est celle-ci :

Connaissant la puissance d'un moteur en kilogrammètres et son poids, on en peut déduire la surface minimum du propulseur à employer pour que ce moteur soulève son propre poids; en effet, la résistance de l'air sous l'aile étant égale au poids à soulever, l'expression $T = PV$ donnera

la valeur maximum de la vitesse à imprimer à l'aile pour faire équilibre au poids P, en utilisant tout le travail T; et introduisant la valeur $V = \frac{T}{P}$ dans l'expression de la surface

$$S = \frac{g\,P}{d\,V^2},$$

il vient :

$$S = \frac{g\,P^3}{d\,T^2} = 7.50\ \frac{P^3}{T^2},$$

valeur de la plus petite surface que peut employer un moteur d'une force T, pesant un poids P pour se faire équilibre.

Appliquons ces chiffres à un homme de 70 kil. pouvant développer, en une seconde, un effort de 20^{km}.

$$S = 7.50 \times \frac{34300}{400} = 367.50,$$

soit une aile de 367 mètres carrés *ne pesant rien*.

Et si on veut admettre un poids quelconque pour l'aile, on arrive à des chiffres tout à fait insensés.

Laissant de côté l'hypothèse de l'homme volant, et passant à des suppositions de machines, l'application des formules nous donnera toujours des résultats qui seront des impossibilités pratiques, avec les moyens que nous connaissons.

Soit, en effet, un appareil composé de :

1° Un support général pesant 50 kil.;

2° Un propulseur du même poids de 50 kil.;

3° Une machine motrice (dont nous aurons à évaluer la force), pesant aussi 50 kil.;

4° Enfin un homme du poids de 70 kil.

Ne comptons rien, ni pour le combustible, ni pour les approvisionnements. — Nous avons un poids total de 220 kil. à soulever.

Une aile de 50 kil. ne saurait avoir plus de 100 mètres de surface; appliquant ces données à la formule, nous trouvons pour valeur du travail perdu :

$$T_p = P\sqrt{\frac{g\,P}{d\,s}} = 220 \times \sqrt{\frac{9.80 \times 220}{1.3 \times 100}} = 897.60,$$

soit une machine de 12 chevaux, devant peser, avec son approvisionnement, 50 kil. au plus.

Ou, si nous reprenons la question au point de vue de la surface nous donnant le poids pratique de la machine, admettant l'inver-

pour 10 chevaux, notre poids total à soulever devient 670 kil. avec un travail disponible de 750^{km}, et la surface nécessaire est :

$$S = 7{,}50 \times \frac{650^3}{750^2} = 3660,$$

soit une aile de 3660 mètres carrés ne devant peser que 50 kil.

La conclusion de tout ceci est que le problème de l'aviation *est absolument insoluble*, au moyen de propulseurs mécaniques à surface matérielle, et à l'aide des machines connues ;

Que si l'on peut philosophiquement le réserver dans la supposition, par exemple, de l'emploi de moteurs autres que ceux à vapeur, sa solution sera toujours subordonnée à la création de machines d'une légèreté dont rien jusqu'ici n'offre d'analogues ;

Que les mêmes considérations s'appliquent exactement au problème de la direction des aérostats, en tant que l'on voudra vaincre la résistance des vents ordinaires, c'est-à-dire obtenir des vitesses de plus d'un à deux mètres en temps calme.

Paris, le 16 décembre 1870.

NOTE

SUR

LE TÉLÉMÈTRE RÉPÉTITEUR

DE M. A. LE CYRE

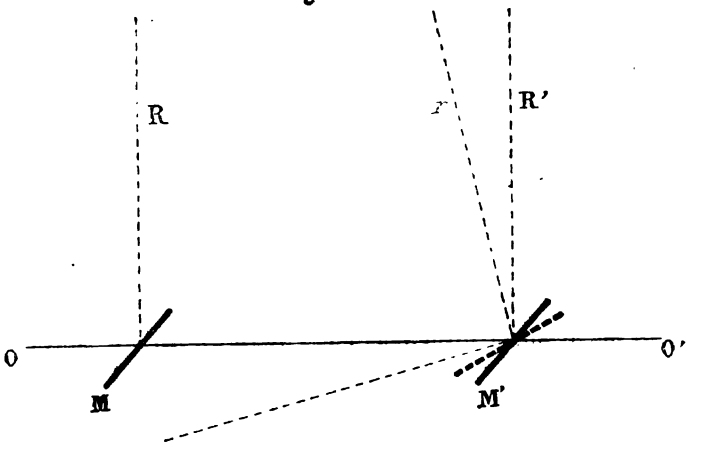
PAR M. PIERRE THOMAS.

On a proposé jusqu'ici bien des instruments pour le mesurage des distances sans opération géométrique et d'une manière *rapide*; aucun d'eux n'a offert la solution pratique du problème. Les uns, les instruments à stadia, nécessitent, au point dont la distance est à déterminer, la présence d'une mire, ou tout au moins d'un objet de grandeur connue; les autres, comme les télémètres à miroirs, demandent une précision d'ajustage et une invariabilité dans leurs organes qui en rend l'emploi pratique à peu près impossible.

Je ne discuterai pas ici les causes d'erreurs qui existent dans l'emploi des premiers; chacun sait que ces erreurs sont considérables lorsqu'on opère sur des distances un peu importantes, mais surtout, comme dans la plupart des cas, l'objet de comparaison de grandeur manque au point de visée, ces instruments sont condamnés d'avance. Aujourd'hui, avec les distances énormes auxquelles s'opère le tir des armes à feu, et avec le système de retranchements adopté, on peut dire qu'on ne voit jamais l'ennemi et que la présence d'un homme sur le point qui peut servir d'objectif est la grande exception. De plus, s'il s'agit de déterminer une distance de nuit, les stadias deviennent inutiles tout à fait. Et cependant combien de cas dans la pratique où la possibilité de cette opération rendrait les plus grands services! Dans la marine, par exemple, pour un navire qui arrive de nuit en vue d'un phare, pour une batterie de côte qui aperçoit un feu en mer, pour nos batteries de défense elles-mêmes, si elles possédaient le moyen de déterminer une distance en quelques secondes, pourraient parfaitement opérer la nuit en éclairant un point par un feu électrique le point à explorer.

Les télémètres à réflexion peuvent donner immédiatement les distances dans ces conditions; pour avoir une idée du principe sur lequel ils sont établis, que l'on suppose deux miroirs (fig. 1) M et M′; celui M, étant à la

Fig. 1.



fois réfléchissant et transparent; ces deux miroirs faisant avec la ligne qu joint leurs centres un angle de 45°, si l'on observe dans la direction perpendiculaire à la ligne des centres un point infiniment éloigné, tel qu'une étoile, les rayons R et R′ émis par ce point étant parallèles, il est clair que les deux images renvoyées par les miroirs viendront se confondre en se superposant dans l'œil de l'observateur placé en O.

Si maintenant on observe un point terrestre en faisant parvenir à l'œil le rayon R réfléchi par le miroir M, il arrivera que le rayon r réfléchi par M′ s'écartera de la ligne de visée d'une quantité égale à la parallaxe du point observé, et que pour amener les images à se superposer, on devra faire tourner le miroir M′ d'une quantité égale à la moitié de cette parallaxe.

Si par le moyen d'une vis micrométrique on a pu tenir compte de l'angle décrit par le miroir M′, connaissant la distance des miroirs entre eux on pourra en déduire la distance cherchée.

Un instrument de ce genre applicable à la rigueur à de petites distances est tout à fait insuffisant pour les grandes, si l'on veut remarquer que la parallaxe d'un point situé à 1000 mètres seulement pour une base d'un mètre par exemple est à peine de 4 minutes, qu'il s'agit donc d'apprécier un mouvement du miroir de 2 minutes à $\frac{1}{100}$ près si l'on veut une approximation un peu forte; que d'autre part le moindre changement dans la position du miroir fixe M, fût-elle d'une minute, donnera des erreurs de moitié dans l'observation (et ces variations peuvent être occa-

sionnées par le moindre choc reçu par l'appareil ou la moindre dilatation de ses organes).

M. Le Cyre s'est proposé de construire un instrument fondé sur le principe de la réflexion, au moyen duquel l'angle à mesurer pût être à volonté un multiple quelconque de la parallaxe, et dans lequel la position initiale des miroirs fût absolument indifférente, de manière à supprimer tout réglage ou vérification préalable, et à permettre l'emploi d'instruments de grande longueur sans avoir à craindre le mauvais effet des déformations.

Il est arrivé à ces résultats par l'observation d'un fait qui avait échappé à ses devanciers et que je vais exposer :

Supposons le télémètre, dont nous avons parlé tout à l'heure, pointé sur un objet terrestre, et réglé de manière à avoir obtenu la coïncidence des images en O. Si l'on vient à retourner l'instrument de bout en bout et à appliquer l'œil en O′ (1), le rayon reçu par la face opposée du miroir M′ sera dévié de sa direction d'une quantité égale au double de la parallaxe du point, et par conséquent pour obtenir de nouveau la superposition des images, on devra faire tourner le miroir d'un angle égal à cette parallaxe, — et ceci *quelle que soit la position initiale des miroirs.*

Si maintenant on opère un second retournement, la même séparation aura lieu; la superposition étant obtenue de nouveau par un mouvement du miroir M, une troisième opération aura pour effet d'avoir fait tourner le miroir M′ d'un angle double; et en poursuivant les retournements, on aura à mesurer, selon leur nombre, un angle final qui sera triple, quadruple, etc., de l'angle de la parallaxe cherchée. En un mot, le télémètre ainsi employé devient un instrument répétiteur des angles, à la manière des cercles de théodolites.

En dehors de la répétition des angles, l'instrument de M. Le Cyre donne déjà par une observation unique un degré d'approximation remarquable, puisqu'il permet, d'une part, d'observer un angle double de celui fourni par le télémètre simple, et d'ailleurs d'employer des bases d'une grande longueur, l'observation étant à l'abri de toute cause d'erreur provenant de déplacement ou de déformation des organes de l'appareil.

Description de l'appareil.

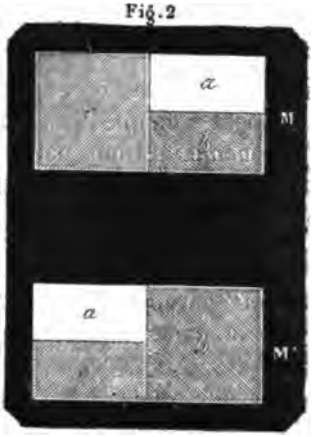
La figure ci-jointe suffit à faire comprendre la construction et le jeu de l'instrument type construit par M. Le Cyre, et mis sous les yeux de la société.

On remarquera que les lunettes, au lieu de se présenter dans le prolon-

1. Les deux miroirs étant supposés à la fois transparents et réfléchissants sur leurs deux faces.

manière à renvoyer la ligne de visée dans le sens même de la direction du point à observer; c'est un moyen à la fois de rendre l'observation plus commode et par conséquent plus rapide, et de diminuer la longueur de l'instrument.

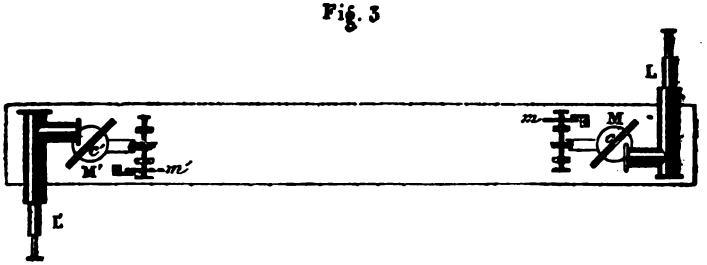
Fig. 2



Les glaces sont étamées en partie sur chacune de leurs faces (fig. 2). Pour la personne qui regarde le dessin, les parties *r*, *r* sont réfléchissantes, tandis que les parties *b*, *b* représentent le côté étamé visible, c'est-à-dire non réfléchissant.

Les parties *a*, *a* sont transparentes.

Fig. 3



Sur la fig. 3, on a encore indiqué par un trait plus fort le côté de l'étamage.

On voit que le télémètre répétiteur est composé de deux télémètres simples, opposés et solidaires, et dont les miroirs sont dans le même plan; chacun de ces deux télémètres fonctionne à son tour, ainsi que nous allons l'expliquer.

M est le miroir dont la position initiale doit être à peu près constante.

Le mouvement angulaire des miroirs est mesuré par les vis micrométriques sans fin m et m'. Les lunettes sont brisées, si l'on veut, par un prisme, afin de raccourcir l'instrument et de ramener la ligne de visée dans sa direction naturelle.

On peut opérer le retournement de deux manières :

1° En tournant la ligne des centres dans le plan de réflexion;

2° En la tournant sur elle-même perpendiculairement à ce plan.

Suivant les opérations qu'on a à faire, on emploie l'un ou l'autre de ces deux modes de retournement, afin que l'instrument restant toujours, autant que possible, dans la même position, par rapport à la pesanteur, soit à l'abri de toutes chances de flexions anormales.

Manière d'observer. — On commencera par mettre au zéro le micromètre du miroir M.

Premier mode de retournement (parallèlement au plan de réflexion). — L'observateur regardant dans la lunette L′ établit la coïncidence en tournant le miroir M′.

Il lira sur le micromètre m', dans le cas où il voudrait faire des répétitions et tenir compte du mouvement des deux miroirs; autrement cela est inutile.

Puis il tournera tout l'instrument[1] dans le plan de la figure, qui nous représente le plan de réflexion, et c'est dans la lunette L qu'il fera la seconde visée; la coïncidence sera rétablie en tournant le miroir M, dont la rotation fera connaître, au moyen des tables, la valeur de la parallaxe, ou directement par la graduation de l'instrument la distance du point observé.

Deuxième mode de retournement (perpendiculairement au plan de réflexion). — Après avoir établi la première coïncidence par le miroir M′, l'observateur tournera l'instrument de 180 degrés autour de la ligne des centres de rotation c, c', et il se déplacera pour venir regarder dans la lunette L, et rétablir la coïncidence en tournant le miroir M.

Dans les deux cas, en continuant les retournements, on aura à chaque fois une valeur de la parallaxe qui s'ajoutera à la précédente, les miroirs tournant toujours dans le même sens.

Ces opérations se font très-vite; ainsi avec un télémètre de 1 mètre de longueur, on fait en trente secondes la double visée et le retournement. Il en résulte des chances considérables d'exactitude, ce qui est surtout précieux pour un instrument léger et portatif, tel que celui que nous proposerons pour régulariser le tir des troupes à pied. Pourvu que

1. Il n'est pas nécessaire que le retournement soit exactement d'une demi-circonférence; les lunettes portent à leur foyer quatre fils tendus, comme dans le sextant, et c'est le centre du carré qu'il suffit de maintenir l'image de l'objet visé.

que l'expérience nous l'a prouvé, cela est suffisant pour affaiblir l'influence des mauvais pointés, inévitables dans des opérations faites sur le terrain, et avec une certaine précipitation.

M. Le Cyre fait construire en ce moment un télémètre tout à fait portatif qui sera spécialement à l'usage des officiers d'artillerie; il sera constitué par un tube d'épaisseur convenable en aluminium, ce qui lui donnera en somme assez de légèreté pour pouvoir être pointé à la main, sans pied, à la manière des sextants de marine.

Il espère même (et rien ne s'y oppose) arriver à adapter aux deux extrémités du bois d'un fusil d'infanterie deux petites boîtes solides renfermant les miroirs et micromètres de façon à permettre l'évaluation des distances par les sous-officiers en ligne de bataille ou en tirailleurs. Ceci sera, je pense, le dernier mot de l'application pratique de son invention.

Graduation et théorie de l'instrument.

M. Le Cyre, excellent mathématicien, a étudié à fond la théorie de son appareil, et l'a établie dans une petite brochure fort intéressante sous ce rapport. J'en extrairai les conclusions et formules finales sans entrer dans le détail de la discussion mathématique.

J'ai dit que, dans l'hypothèse de deux miroirs inclinés primitivement à 45°, et d'une ligne de visée se confondant avec la ligne qui joint les centres de rotation de ces miroirs, l'écartement des images, après le retournement, est exactement du double de la parallaxe du point observé.

Cette mesure cesse d'être rigoureusement exacte lorsque l'axe des lunettes ou ligne de visée cesse d'être parallèle avec la ligne des centres; et, en pratique, ce parallélisme ne saurait exister à cause de la construction même des miroirs dont les portions réfléchissantes ne peuvent pas être l'une vis-à-vis de l'autre dans l'axe de l'instrument.

L'axe des lunettes fait forcément un angle assez petit avec la ligne des centres, et la quantité de rotation de chaque miroir pour établir la coïncidence des images après retournement, varie en raison des angles en question; chaque instrument doit donc recevoir une graduation spéciale, modifiée suivant la valeur de ces angles.

Appelant Φ l'angle décrit par le miroir, φ la parallaxe, θ l'angle que fait l'axe d'une des lunettes avec la ligne des centres, θ' celui de l'axe de l'autre lunette, on a pour la valeur de Φ, au lieu de $\Phi = \varphi$ que nous avions admise, une expression:

$$\Phi = \varphi + \varphi\,(\theta + \theta')\,1/2.$$

Relation qui montre :

1° Que lorsque les axes optiques sont parallèles à la ligne des cen-

tres, le coefficient $(\theta+\theta')$ devenant nul, la rotation Φ est égale à la parallaxe.

2° Que l'écart des images ne dépendant exclusivement que des variations de la quantité $(\theta+\theta)$ (constante pour chaque instrument), et en aucune façon des angles que peuvent faire les miroirs avec la ligne de leurs centres, toute cause d'erreur provenant d'une déformation de l'instrument, ne pourra porter que sur un changement des valeurs θ et θ'. Or, supposons que par un accident quelconque, l'un de ces angles soit altéré et changé de valeur, que θ par exemple devienne θ_1, les coïncidences, étant toujours prises au milieu du champ, elles seront observées à une distance $\theta - \theta_1$, de la direction initiale, et il en résultera dans la valeur de Φ, une variation de $\frac{1}{2}(\theta - \theta_1)\varphi$. Supposons un déplacement de l'axe optique de 20′, ce qui est considérable, l'erreur occasionnée sur la distance totale serait de 0,003, ce qui est insignifiant[1].

Voici, au reste, comme comparaison entre les chances d'erreurs qu'offrent les télémètres simples comparés à celui à retournement, un tableau des résultats donnés, d'une part, par un dérangement de 20′ dans un des axes optiques (seule cause d'erreur dans l'instrument de M. Le Cyre); et de l'autre, par un déplacement de 2″ seulement de l'un des miroirs dans un télémètre simple.

Distance entre les miroirs, 1 mètre.

Parallaxes.	Distances.	Télémètre simple.	Télémètre répétiteur.
400	500^m	5^m	1^m.50
200	1000	20	3
100	2000	80	6
50	4000	320	12
25	8000	1280	24

Quant à l'exactitude du pointé, on comprend qu'elle dépende absolument du degré d'habileté de l'opérateur, et que, pour mettre en usage un instrument d'une telle précision, un peu d'apprentissage sera nécessaire. Voici les résultats obtenus par M. Le Cyre, avec l'instrument que

1. Pour parler *mathématiquement*, ces diverses relations et valeurs ne sont pas *rigoureusement justes;* pour les obtenir sous cette forme simple, M. Le Cyre a dû admettre dans le calcul que les arcs θ et θ' fussent assez petits pour être considérés comme égaux à leurs sinus, et jusqu'à une valeur de 3 degrés, cette égalité peut s'admettre en pratique. Or, jamais dans la construction on ne peut avoir besoin d'écarter l'axe des lunettes même d'un degré de la ligne des centres. On peut donc prendre les formules pour exactes, et les conclusions comme pratiquement rigoureuses.

je présente, et dont les lunettes ont un grossissement de 20 diamètres. Sur deux cents observations faites à 1,100 mètres, l'écart moyen a été de ± 4″, et l'écart maximum de ± 8″.

Dans un point éloigné de mille fois la distance des centres de rotation, la parallaxe est de 206″, le retournement permettant d'observer un angle double, soit 412″, on peut donc apprécier une telle distance à un centième près; on aurait pour les distances suivantes les approximations correspondantes :

1000m	Écart moyen	10m	Écart maximum	20m
2000	—	40	—	80
3000	—	90	—	180

On comprend qu'en augmentant la longueur de l'instrument on diminue proportionnellement les chances d'erreur; ainsi un télémètre de 3 mètres installé à poste fixe sur une batterie de côte, permettrait d'évaluer une distance de 3,000 mètres à 30 mètres près par une seule observation, et, comme on le comprend, les écarts peuvent être diminués de moitié par l'emploi des répétitions.

Au moment de publier cette petite communication, nous recevons de M. Le Cyre une note sur une disposition nouvelle qu'il a imaginée, et qui nous paraît assez intéressante, pour que nous nous empressions de la donner ici à nos lecteurs.

Nous laissons la parole à M. Le Cyre :

Pour que la nouvelle méthode télémétrique exposée devant la Société puisse donner en toute rigueur la solution du problème qu'elle est appelée à résoudre, il faut que deux conditions principales soient remplies.

La première exige que le retournement s'effectue autour d'un axe vertical, afin d'éloigner tout soupçon d'un dérangement provenant de la pesanteur, dans l'intervalle des deux visées.

La seconde, qui est relative à la commodité de la manœuvre, demande que l'observateur ne se déplace point.

L'instrument qui a été présenté à la Société satisfait à ces deux conditions, quand le plan de réflexion est horizontal.

Si le plan de réflexion est vertical, on comprend de suite qu'il faut remplacer les glaces planes par des prismes rectangulaires de verre, dont les faces adjacentes à l'angle droit soient rendues réfléchissantes par l'application d'une couche d'argent; mais cette disposition, qui se

présente naturellement à l'esprit, ne serait pas du tout pratique, le travail de pareils prismes étant extrêmement difficile; il est donc indispensable de la remplacer par une combinaison de miroirs, car les glaces parallèles peuvent s'exécuter relativement à peu de frais avec une extrême précision.

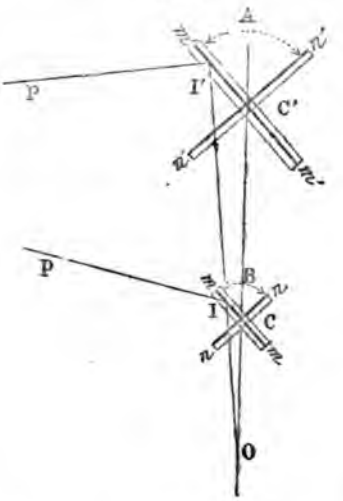
Il faudrait donc, au lieu d'un prisme, prendre un groupe de deux miroirs en croix montés de telle manière, que l'angle de leurs faces soit invariable, mais cete invariabilité n'est guère possible à obtenir.

On est donc conduit à chercher à rendre le résultat des opérations indépendant des variations de cet angle. Et voici comment on y parvient très-simplement : il suffit qu'un des miroirs en croix, dans chaque groupe, soit réfléchissant sur ses deux faces, ce qui s'obtient au moyen d'une couche d'argent, et pour préserver celle-ci on la recouvre d'une glace parallèle transparente.

Les figures théoriques ci-jointes aideront à comprendre la nouvelle disposition.

J'imagine le télémètre tenu verticalement, le plan de réflexion étant parallèle au plan de la figure 1; l'observateur regarde de bas en haut, et le point dont il cherche la distance est situé à sa gauche.

Fig. 1.



J'appelle A l'angle, actuellement traversé par la ligne des centres de rotation cc', des faces du groupe supérieur.

B l'angle analogue du groupe inférieur.

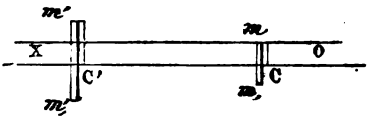
J'indique par un trait plus fort le côté étamé des glaces dans chaque groupe; les glaces mm et $m'm'$ sont réfléchissantes des deux côtés, les glaces nn et $n'n'$ sont étamées comme à l'ordinaire.

L'œil de l'observateur ou l'objectif de la lunette est placé en O sur une perpendiculaire à la ligne des centres.

OII′ est la direction de l'axe optique.

PI′ et PI sont les rayons incidents émanés du point P dont on veut connaître la parallaxe.

Fig. 2.



La figure 2 représente la projection O X de l'axe optique, sur un plan vertical perpendiculaire au plan de réflexion, et passant par la ligne des centres cc'.

mc est la section de la glace double du groupe inférieur.

$m'c'$ celle du groupe supérieur.

$m_1 c$ et $m_1' c'$ sont la section des glaces simples.

Eu égard à la position de la figure 1, c'est dans les deux glaces doubles qu'on observe la première coïncidence.

En désignant toujours par :

φ la parallaxe,

θ l'angle de l'axe optique et de la ligne des centres,

Φ l'angle dont doit tourner, après le retournement, un quelconque des deux groupes pour amener la seconde coïncidence,

on aura en suivant les raisonnements connus :

$$\Phi = \varphi + \varphi\theta + (A - B).$$

Maintenant, en faisant faire à chacun des groupes un quart de tour, les angles A et B seront devenus $\pi - A$ et $\pi - B$.

Si l'on recommence l'observation, la nouvelle rotation Φ' d'un quelconque des deux groupes sera :

$$\Phi' = \varphi + \varphi\theta - (A - B).$$

La moyenne des deux opérations est donc rigoureusement indépendante des angles A et B.

Donc si l'on a dressé préalablement une table de parallaxes avec certaines valeurs de A et de B, cette seconde observation servira à contrôler de temps en temps l'exactitude de la table, en même temps qu'elle donnera la valeur des corrections dues aux dérangements qui auraient pu se produire.

Du reste, je ne puis entrer ici dans aucuns détails sur la construction

et le maniement de ces nouveaux instruments, je me contente de faire connaître une combinaison optique toute nouvelle et très-féconde, car elle me semble de nature à permettre la construction, qui sans cela eût été impossible, de toute une classe d'instruments très-propres à répandre l'emploi de la méthode télémétrique du retournement.

Ainsi, d'après l'opinion d'un officier de vaisseau très-versé dans ces sortes de questions, on remplacerait avantageusement le micromètre Lugeol par un télémètre répétiteur vertical, si celui-ci est suffisamment léger et bien équilibré dans la main pour que l'observation soit facile, malgré l'oscillation du navire.

Pour l'armée de terre et l'usage de l'infanterie, deux tubes légers en bambou, par exemple, d'environ un mètre de longueur, pouvant rentrer l'un dans l'autre, formeraient déployés un télémètre de deux mètres, qui muni d'une couple de lunettes de Galilée, grossissant un peu plus de deux fois et demie, permettrait de déterminer en moins d'une demi-minute une distance de 1000 mètres à 35 ou 40 mètres près.

Pour un officier à cheval un instrument analogue pourrait atteindre une longueur de 4 mètres, et en quelques secondes aussi on apprécierait une distance de 2000 mètres, à 70 ou 80 mètres près.

Malgré sa grande longueur, ce nouvel appareil, qu'on pourrait justement appeler le *lance télémétrique*, serait d'un emploi très-sûr, et son exécution ne présenterait pas de difficultés; surtout parce que son extrémité supérieure ne serait occupée que par un groupe de deux miroirs en croix, dont la monture en aluminium serait extrêmement légère; on pourrait donc réduire beaucoup le poids de la lance, tout en maintenant entre des limites resserrées l'amplitude de ses déformations inévitables.

Paris, le 11 novembre 1870.

NOTE

SUR LE

SERVICE DES POMPES A INCENDIE A VAPEUR

MISES A LA DISPOSITION DE LA VILLE DE PARIS

pendant le siége

PAR M. MONBRO.

Aussitôt qu'on a vu s'entasser sur différents points de Paris les provisions de toute sorte, nécessaires à notre alimentation et à la nourriture du bétail lorsque nous serions investis, on a dû penser aux désastres que pourrait occasionner un feu de quelques heures, parmi cet amas de ressources alimentaires.

De là résultait la nécessité de chercher des moyens énergiques, pour réprimer au début les accidents que la négligence, l'imprudence et même la malveillance pouvaient faire naître, et l'on proposa de suite l'acquisition des pompes à incendie à vapeur en usage, comme on sait, en Angleterre, en Amérique, sur le continent et déjà dans plusieurs villes de France.

Il faut reconnaître qu'une fois la proposition faite et dans le but de protéger les magasins approvisionnés, les monuments et les quartiers menacés, le comité de défense n'a pas hésité à décider l'achat de plusieurs de ces pompes qu'on fit venir de Londres. On en put trouver cinq prêtes à livrer : deux machines furent acquises par les soins de la ville; celles-ci sont arrivées les premières; puis trois autres que les travaux publics avaient fait chercher. Ces dernières arrivèrent quelques heures seulement avant l'interruption de la circulation sur la ligne de l'Ouest.

En même temps que les deux premières, on a pu ramener également une pompe à incendie à vapeur d'un très-petit modèle, spécialement faite sur les ordres de M. Vuillemin, et qui était prête depuis quelque temps à être livrée à la compagnie de l'Est. C'est donc justice de dire qu'à cette compagnie doit certainement revenir l'initiative d'avoir in-

troduit dans Paris la première pompe à incendie à vapeur. Celle-ci fut aussitôt mise à la disposition de la ville.

Pendant que nous en sommes à cette petite pompe exécutée sur commande, nous dirons qu'elle a tellement plu à l'état-major des sapeurs-pompiers qu'ils l'ont, pour ainsi dire, désignée comme le type qui convient le mieux au service de Paris, surtout à cause de son extrême légèreté.

Pour le moment l'organisation du service des pompes à incendie à vapeur dépend du service de défense et sera utilisée, soit pour réprimer les accidents, soit en cas de bombardement.

Les sapeurs-pompiers encore peu familiarisés avec les machines étant, par suite des circonstances présentes, très-occupés à requérir tout le matériel possible pour former, avec l'aide des pompiers des environs, des postes supplémentaires, il a fallu, pour la mise en service des pompes à vapeur, recourir au génie civil afin de créer un personnel apte à pouvoir utiliser sans délai ce nouveau genre de matériel.

Chaque pompe, postée sur tel ou tel point de Paris, fut placée sous la direction d'un ingénieur choisi parmi les anciens élèves des Écoles centrale et des arts et métiers, aidé d'un mécanicien et d'un chauffeur que la compagnie des chemins de fer de l'Est a bien voulu donner. Ce service, dont le personnel dépend du génie civil, est placé sous les ordres du colonel des sapeurs-pompiers.

Chacun des postes de pompes à vapeur se compose de :

1 ingénieur,
1 mécanicien,
1 chauffeur,
1 sergent de pompiers et quelques pompiers,
1 paire de chevaux pour traîner la machine.

Le personnel est en double équipe, faisant un service de vingt-quatre heures à tour de rôle. La pompe est toujours prête à sortir au premier signal. Elle porte avec elle ses boyaux d'aspiration et de refoulement; la chaudière est garnie d'eau et le feu préparé à l'avance. Il suffit de huit à dix minutes après l'allumage pour qu'elle soit à la pression normale pour travailler.

Les pompes que nous avons ici, à l'exception d'une seule, sont du modèle exposé en 1867 par la maison Merryweather and sons de Londres. En voici la description (Voir la Pl. 20) :

« La pompe proprement dite, la machine et la chaudière se tiennent fixés sur le même châssis. La chaudière est verticale, du système Field, à tubes d'eau, fabriquée partie en fer de Lowmoor, partie en acier, elle est essayée jusqu'à 12 atmosphères. Aucun de ses organes n'est fixé à la chaudière qui est maintenue entre un fort châssis en fer de Lowmoor solidement entretoisé. Ce châssis, du côté de la chau-

dière, est monté sur deux grandes roues et suspendu par l'intermédiaire de ressorts en acier ; l'autre bout du châssis est également monté sur deux roues de moindre grandeur avec ressorts, et porte un avant-train articulé pour permettre que la machine traînée par des hommes ou par des chevaux, tourne aisément et rapidement dans les rues les plus étroites.

« Le cylindre à vapeur et le corps de pompe sont fixés horizontalement sur le châssis en fer et se commandent directement sans manivelle, excentrique, ni volant; le mécanisme est bien à la main et très-facilement contrôlé pour faire débiter à la pompe son maximum d'eau ou telle quantité dont on dispose, et cela jusqu'à permettre d'arriver à ne fournir d'eau que ce qu'un homme peut débiter à l'aide d'une pompe à main, tout ceci avec le régulateur seul de vapeur. On voit, d'après cela, combien cette machine est utile, même dans les plus petits cas d'incendie.

« La pompe, coulée en bronze et d'une seule pièce, est à double effet, aspirante et foulante; les boîtes à clapets sont disposées pour permettre l'emploi des eaux les plus impures ou chargées de sables. La chaudière est alimentée par une pompe d'alimentation ou par un injecteur Giffard, et la pompe principale est arrangée de telle sorte qu'elle peut au besoin alimenter elle-même la chaudière. Il ne reste jamais d'eau dans les boîtes à clapets quand la pompe est au repos, par conséquent on n'a pas à y craindre les effets de la gelée non plus que dans la chaudière, qui est toujours garnie de son eau ; ceci tient au système Field, et ce n'est pas le moindre des avantages que présente son principe de circulation d'eau.

« Au-dessus des cylindres à vapeur et de la pompe, il y a un espace pour porter les boyaux de refoulement et un coffre pour contenir les jets de lance et les outils, etc... ; la partie supérieure forme un siége pour les pompiers et le cocher. Les tuyaux d'aspiration, les lances, etc., etc., ont chacun leur place. Devant la chaudière existe une petite plate-forme pour le mécanicien et le chauffeur, ce qui permet, en route, d'allumer le feu ou de l'entretenir seulement, s'il a été allumé de suite en quittant le dépôt, de manière à être en pleine vapeur, et la machine prête à marcher en arrivant au feu du sinistre; il y a aussi un emplacement pour le charbon, un réservoir pour l'eau douce, quand on veut alimenter avec l'injecteur. »

Ces machines se font remarquer par leur légèreté. Pour n'en citer qu'un exemple, nous dirons qu'une machine du poids de 1265 kilog. peut atteindre jusqu'à 32 chevaux-vapeur de force, c'est-à-dire près de 3 chevaux par 100 kilog. Elles sont bien appropriées au service des villes, des brigades de pompiers, des chemins de fer, des usines, des fermes, des châteaux, etc.

Les pompes à incendie à vapeur, installées pour la défense de Paris, ne sont pas toutes de la même puissance.

Voici un tableau de leur débit :

La pompe	n° 1	peut débiter jusqu'à	2400	litres par minute.
—	n° 2	—	1900	—
—	n° 3	—	1700	—
—	n° 4	—	1300	—
—	n° 5	—	1000	—
—	n° 6	—	900	—

Le jet atteint en hauteur 40 à 45 mètres, et horizontalement 45 à 50 mètres. Chaque pompe a deux orifices de refoulement, de façon à pouvoir former un ou deux jets à volonté; de plus, à l'aide de raccords spéciaux bifurquant, on fait sur la même machine deux, trois, quatre ou plus de jets, avec d'autres raccords semblables et de réduction pour les dimensions des garnitures de la ville, on multiplie encore les sorties du refoulement, et l'on obtient, pour les pompes nos 1, 2 et 3, le moyen de pouvoir alimenter jusqu'à huit pompes à bras à des distances de 400 à 500 mètres et plus.

La grande question est tout naturellement de savoir comment on pourra fournir à ces pompes à incendie à vapeur la quantité d'eau nécessaire, puisque trop souvent les pompes à bras ne peuvent être suffisamment alimentées.

Pour répondre à cette question, il faut voir d'où vient l'insuffisance. Est-ce de ce que les conduites de la ville ne permettent pas le débit nécessaire? Où bien plutôt l'insuffisance ne provient-elle pas du mode employé pour prendre l'eau sur ces conduites?

Jusqu'ici, pour prendre l'eau en cas d'incendie, on a utilisé les bornes-fontaines ou les bouches d'arrosage. La prise d'eau est faite sur la conduite-maîtresse au moyen d'un tuyau horizontal de $50^{m}/_{m}$ qui se courbe à angle droit pour remonter verticalement par un autre *tuyau de même* diamètre correspondant à la bouche de lavage dont l'orifice, après deux autres coudes n'a plus que $44^{m}/_{m}$ au raccord, et qui se trouve en outre fermé par un clapet à vis, dont le passage libre, à la levée maxima, correspond généralement à une section circulaire de $35^{m}/_{m}$. Dans les bornes-fontaines, il y a encore un coude de plus. La charge d'eau de la grande conduite se trouve donc amoindrie de toute la perte résultant de *trois ou quatre coudes à angle droit*, *de l'étranglement au clapet*, et *des frottements dans les tuyaux*, frottements qui croissent, ainsi qu'on le sait, en raison du carré de la vitesse de l'eau.

Si on considère, en outre, que, pour amener l'eau à la bâche de la pompe, on emploie généralement une assez grande longueur de boyaux en cuir qui, ordinairement aplatis, exigent un effort constant pour les maintenir ouverts, on comprendra à quel point le débit obtenu par ce moyen doit se trouver réduit.

En raison de cela, il devient évident que, si le corps des sapeurs-pompiers n'a pas plus tôt recherché ces machines, c'est que leur emploi devait être trop restreint, puisqu'elles ne pouvaient s'utiliser dans Paris qu'auprès de la Seine ou du canal. Mais, en Angleterre, où les machines sont très-répandues depuis longtemps, on fait des prises spéciales pour l'incendie; ces prises sont placées directement et verticalement sur la conduite-maîtresse avec un seul robinet-vanne qui démasque en plein l'orifice, et amène l'eau au niveau du sol, où elle est reçue dans une bâche en toile armée en y entrant directement par le fond. Le tuyau de

prise a, au minimum, $75^{m}/_{m}$ de diamètre, c'est-à-dire une section plus que triple de la prise employée à Paris, et, comme ce tuyau n'a aucun coude et ne possède qu'une faible longueur, il débite sans perte de charge sensible.

Partant de là, le colonel Willerme a bien voulu nous charger de lui faire un rapport sur les moyens similaires qu'on pourrait employer ici, pour se procurer la quantité d'eau nécessaire à l'alimentation de ces pompes. Le problème était donné en vue du quartier de Montrouge et d'une partie du treizième arrondissement qui manquait complétement d'eau.

D'après les renseignements obtenus auprès de la Ville, il a suffi de faire faire des prises directes sur les conduites-maîtresses, et les résultats obtenus ont donné pleine satisfaction; car, avec des conduites-maîtresses de 40 à $50^{c}/_{m}$, sur lesquelles nous avons fait placer de ces prises directes du diamètre de $8^{c}/_{m}$, et où la charge est à peine de 12 mètres, le débit a été plus que deux fois suffisant pour alimenter la pompe du quartier, qui débite environ 1000 à 1200 litres par minute.

Nous avons la certitude de trouver l'eau en bien des endroits pour pouvoir parer aux éventualités du moment; mais il va sans dire que nous ne restons pas tout à fait oisifs sur la question de multiplier les bouches d'incendie de grand débit, qu'il s'agit de créer pour ce nouveau service.

Encouragés dans cette voie par le colonel Willerme et M. Belgrand, nous avons mis à l'étude une disposition de bouche à incendie faite sur un modèle unique pour être exclusivement à la disposition du corps des sapeurs-pompiers. Nous estimons que ces bouches débiteront sous les plus petites charges jusqu'à 2000 litres à la minute, et nous pensons que 400 de ces bouches à incendie suffiront pour Paris. Les prises d'eau sont faites sur les conduites-maîtresses qui sont en charge aussi bien la nuit que le jour.

Nous avons encore à utiliser avantageusement, et dans bien des endroits, les vasques des fontaines publiques. Quelques-unes pêchent par défaut de hauteur d'eau pour noyer entièrement la grenouillère d'aspiration des pompes à vapeur. Un remède bien simple consiste à avoir des bouchons à chaque fontaine, enchaînés au tuyau de trop-plein, afin de hausser au besoin le niveau de l'eau dans les vasques, lequel niveau alors sera bien suffisant pour permettre d'aspirer dans la vasque même, en faisant jouer les jets de la fontaine. Les pompiers devront avoir, comme de juste, les moyens d'ouvrir les robinets de ces fontaines.

Enfin, toutes ces prises d'eau seront également bonnes à l'alimentation des pompes à bras par les pompes à vapeur, qui peuvent en alimenter un certain nombre à des distances de 400 à 500 mètres. On évitera ainsi la chaîne des sceaux, service tout à fait irrégulier et qui demande toujours du temps pour s'organiser.

On aura certainement réalisé un grand progrès en établissant de ces prises d'eau à grand débit, spéciales pour l'incendie, et qui manquaient dans Paris; il est un autre progrès non moins important que nous pouvons signaler comme étant en pleine voie de réalisation, c'est d'avoir relié entre eux, par le télégraphe, les postes principaux des pompiers avec l'état-major ainsi qu'avec le service des eaux; on a eu fort à propos utiliser les égouts pour y poser les fils télégraphiques. Les pompiers en service sont chargés du soin d'expédier et de recevoir les dépêches. Par abréviation, les différents quartiers sont désignés par des lettres.

Dès aujourd'hui, la plupart des pompiers sont aptes à bien se servir du télégraphe. On a pu les y habituer sans beaucoup de peine, grâce à l'intelligente classe d'hommes qui composent ce corps; il a suffi pour cela de laisser dans chaque poste et pendant quelques jours seulement un employé du télégraphe, chargé du service des correspondances. Ce service ayant un certain attrait par lui-même, sergent, caporaux et pompiers se sont occupés à correspondre de choses et d'autres avec les postes auxquels ils sont reliés, et c'est ainsi qu'ils ont appris d'eux-mêmes à manipuler très-adroitement leurs appareils et à interpréter vivement une dépêche qui leur est envoyée.

Nous ne parlerons pas des officiers qui ont acquis de leur côté des notions beaucoup plus étendues sur tout l'ensemble des *systèmes télégraphiques*, afin d'être à même de découvrir rapidement ce qui pourrait être une cause d'arrêt dans les communications, ce qu'ils enseigneront par la suite aux pompiers.

Tout le monde comprend *à priori* de quelle utilité doit être le télégraphe pour le service des pompes; mais néanmoins, pour en mieux faire ressortir les avantages, nous citerons un exemple:

Supposons qu'un incendie assez important soit signalé à la caserne des pompiers du Château-d'Eau. Il en sort aussitôt des pompes à bras ou à vapeur, un pompier de garde télégraphie immédiatement à l'état-major. Le colonel apprend par la dépêche quelle est la gravité du feu, et, suivant les localités menacées, s'il le juge nécessaire, il fait télégraphier à d'autres postes de rejoindre avec tel ou tel matériel. Toutes les indications ainsi données font gagner un temps précieux, si l'on considère que jusqu'alors l'avertissement était donné de l'un à l'autre poste, par des pompiers que l'on dépêchait, et qu'il arrivait souvent, qu'imparfaitement renseigné par des indications données rapidement, on perdait encore du temps pour arriver sur les lieux du sinistre.

Après avoir parlé du télégraphe, il reste encore à donner des renseignements sur le personnel, mécaniciens et chauffeurs, qui, dans le service ordinaire, doit être chargé du soin des pompes à vapeur. Comme à Londres et en Amérique, le personnel est pris ici parmi les pompiers.

On a commencé par faire un choix parmi les hommes de bonne volonté, et on leur a fait suivre pendant trois semaines un cours sous la

direction du capitaine-ingénieur, qui leur a fait connaître toutes les parties qui composent la machine, la chaudière et les pompes. Après avoir reçu les notions théoriques, les pompiers ont étudié les machines en feu, et, au bout de quelques exercices, chacun était reconnu capable de conduire sa machine et de veiller à sa chaudière, d'obéir au premier signal, ordonnant d'arrêter ou repartir, changer la manœuvre, de vider sa chaudière, de la remplir, etc., etc., de refaire le feu pour la rentrée au dépôt.

Il va sans dire que ces pompiers ne sont pas chargés du soin de réparer ou d'entretenir leurs machines, et qu'ils n'auront à s'occuper que des garnitures et du nettoyage extérieur; mais il suffira d'un seul mécanicien pour entretenir en parfait état toutes ces machines que l'on sait être de la plus grande simplicité, et peu ou pas susceptibles d'entretien et de réparations.

Une station principale composée de pompe à vapeur et de plusieurs pompes à bras devra comprendre, indépendamment des pompiers, un pompier mécanicien à demeure et responsable de sa machine. Il y aura, en outre, un mécanicien-adjoint pour remplacer le mécanicien en cas d'absence, et deux chauffeurs; il ne faut pas oublier les chevaux qui sont nécessaires pour traîner les plus grosses pompes. Nous pensons qu'il sera fait une écurie attenante à la station, et que les chevaux les plus faciles à utiliser seront ceux qui appartiennent à la Ville, et qui sont affectés au service des arrosements, des balayages, etc., et qu'on remisera et nourrira à la station, plutôt qu'ailleurs. Une paire de harnais appartenant à la machine complétera l'attirail.

Tel est l'ensemble des détails que nous pouvons fournir sur le service déjà organisé comme défense[1], et sur celui qui sera probablement adopté après la guerre.

Par suite de l'acquisition de ce nouveau matériel, presque inconnu à Paris, on sera plus certain de réprimer de grands désastres, tels qu'on en a vu lors des incendies de la Manutention, de l'usine Cail, des magasins du Grand Condé, des magasins de fourrages de Bercy, des magasins de décors de l'Opéra, du palais du Luxembourg, etc., etc.

Il devient donc évident que les Compagnies d'assurances sont appelées très-directement à profiter de ce bénéfice, par suite des risques qui diminuent en proportion de la puissance des appareils que la Ville tient à sa disposition. Espérons que, plus tard, les assurés profiteront d'une

1. Nous avons omis de citer qu'au port Saint-Nicolas une des pompes à incendie à vapeur est employée dix heures par jour à refouler l'eau de la Seine, sous les conduites du canal de l'Ourq, pour alimenter les réservoirs de Vaugirard. Le service est insignifiant pour la pompe qui ne fait que le tiers environ du travail qu'elle pourrait effectuer dans un incendie. La quantité d'eau fournie en dix heures est de 90,000 litres à 22 mètres de haut, et la vitesse de la machine 80 à 85 révolutions par minute.

de fer, etc., etc., trouveront même économique de s'assurer par elles-mêmes à l'aide d'un matériel à vapeur leur appartenant.

Nous croyons intéressant de faire suivre cette note d'un extrait du rapport officiel sur le service des incendies à Londres.

Une des plus grandes améliorations que la *Commission des travaux municipaux de Londres* ait effectuées est, sans contredit, la transformation et l'organisation de toutes les brigades contre l'incendie en une seule institution municipale, sous la direction du capitaine Shaw.

Tout a été changé, renouvelé, perfectionné, et maintenant, pour la première fois dans l'histoire de Londres, cette brigade avec ses moyens mécaniques puissants, soit pompes à vapeur ou pompes à bras, peut lutter avec garantie de succès contre tout incendie. Cela ne veut certes pas dire qu'un désastre ne soit plus possible; mais un pas considérable est fait; l'incendie peut être resserré, restreint à la construction où il s'est déclaré, sans danger pour les maisons voisines.

L'ancienne organisation ne fut jamais en mesure d'en faire autant; son personnel peu nombreux, ses pompes d'un modèle suranné, son règlement de service défectueux, tout concourait à la rendre à peu près inutile, n'eût été l'infatigable énergie de son chef, M. Braidwood.

Ce fut au grand incendie de Tooley-street, où M. Braidwood perdit la vie, que les pompes se sont montrées impuissantes et que le feu cessa, pour ainsi dire faute d'aliments.

La perte énorme subie par les Compagnies d'assurances, l'insuffisance des moyens pour prévenir de tels désastres, la mort de M. Braidwood contribuèrent à la réorganisation de la brigade. Elle fut placée sous les ordres du *Board of works;* les compagnies d'assurances et le trésor public souscrivirent pour une certaine somme, qui, ajoutée à un impôt municipal de 5 centimes par 25 francs, donne un total de 1,250,000 fr. Malgré des éléments si minimes, comparativement à la superficie immense de Londres, la nouvelle organisation fit des prodiges. Sous l'ancien régime, il n'y avait que dix-sept dépôts pour la protection de 25 kilomètres carrés, sur les 1,800 qui composent le district métropolitain; il y a maintenant 43 dépôts pour une superficie de 280 kilomètres carrés, mais distribués de telle sorte qu'ils puissent protéger plus de 1,028 kilomètres carrés. 36 pompes existaient autrefois, il y en a actuellement 95, et toutes celles qui ont été construites sont des machines puissantes.

On a ajouté aux deux pompes flottantes à marche relativement lente, quatre autres machines qui peuvent faire quatorze nœuds à l'heure, et lancer 24,000 litres d'eau la minute; elles sont disposées de manière à pouvoir lancer cette quantité d'eau en un seul jet, de quoi submerger tout un village, ou en trente-deux jets de la grandeur ordinaire avec une pression énorme. Ces pompes peuvent être considérées presque comme des brigades entières, car chacune d'elles équivaut à 32 pompes à bras ordinaires. — Ainsi, actuellement sous le capitaine Shaw, le nombre des pompes a été triplé ainsi que le nombre des dépôts, et la superficie protégée est quarante fois plus grande.

Il est toutefois regrettable que l'augmentation dans le personnel n'ait pas suivi la même progression, et cela l'est d'autant plus, qu'une grande partie des hommes de service sont forcément inactifs dans les dépôts dont ils ont la surveillance, et qu'une autre a, à tour de rôle, un service de vingt-quatre heures consécutives; il est difficile d'exiger de gens exténués par la fatigue l'activité et la promptitude de coup d'œil nécessaires à l'exercice de cette profession, et combien cependant sont indispensables ces deux qualités, lorsqu'on songe que c'est grâce à elles que l'on arrête presque toujours un incendie qui menace de tout envahir et qui cause quelquefois, non-seulement la ruine du propriétaire de la maison, mais encore celle du locataire et la misère pour ceux qui y sont employés.

Paris, qui n'a pas la moitié de l'étendue de Londres, compte un corps de 1,600 pompiers; Londres, avec deux fois cette surface et des richesses dix fois plus grandes entassées dans ses docks et dans ses magasins, n'a, comme nous venons de le dire, par les défalcations à faire, que 160 hommes réellement disponibles et aptes à rendre de vrais services.

Il n'y a donc rien d'étonnant à ce que Londres soit le théâtre d'incendies désastreux dont les villes du continent sont préservées. La capitale du Royaume-Uni possède, en machines, une garantie suffisante; mais ce qui lui fait défaut, c'est un personnel suffisant.

Pour les besoins de la brigade métropolitaine, Londres et ses faubourgs sont classés en quatre quartiers A, B, C et D, qui forment quatre groupes distincts, commandés chacun par un chef. Le groupe A comprend toute la partie ouest de la ville et contient 14 dépôts en activité, 2 en construction et 1 à construire, soit 17 en tout. Le groupe B forme toute la partie ouest-centrale, depuis Islington et Charing-Cross jusqu'à Watling-street, où se trouve le quartier général; il contient 8 grands dépôts en activité et 4 en construction, soit 12 en tout. Dans le groupe C, ou quartier de l'Est, il y a 13 dépôts en activité et 1 à construire, et dans le groupe D, ou du Sud, il y a 8 dépôts en activité, 3 en construction et 6 à construire; ce qui donne un total de 43 dépôts ou secours contre l'incendie en pleine activité, 5 en construction et 12 qui restent à élever, soit, pour la fin de l'année, 60 dépôts pour Londres au lieu de 17 qui existaient anciennement.

Nous l'avons déjà dit, chaque quartier forme un groupe à part, chaque dépôt étant sous la garde d'un ingénieur, et chaque dépôt central sous la surveillance de l'officier ou chef de quartier. Tous les dépôts communiquent télégraphiquement avec le dépôt du chef du quartier, et les quatre dépôts des chefs avec le quartier général du capitaine Shaw dans Watling-street. De cette manière, à la première alarme d'un incendie, la nouvelle en est transmise d'un dépôt quelconque au dépôt du chef de quartier, et par lui au capitaine Shaw dans Watling-street. Le chef du quartier commande néanmoins de sa propre autorité ce qui est immédiatement nécessaire.

Les choses se font si rapidement que, lors de l'incendie de *Her Majesty's theatre*, le capitaine Shaw et sa brigade étaient dans Haymarket huit minutes après que l'alarme avait été donnée.

A chaque dépôt, trois pompes sont prêtes nuit et jour : une à vapeur, une très-puissante à bras, et une petite à bras.— Les pompes à vapeur représentent, comme effet, au moins trois des plus fortes machines à bras; elles coûtent le triple, il est vrai, mais elles durent trois fois plus longtemps, et ne présentent presque pas de dépense à la manœuvre; elles ont aussi l'immense avantage d'être mises sous pres-

sion en deux ou trois minutes. Le seul inconvénient qu'elles présentent est leur poids qui est de 3,000 kilos[1].

Le personnel se divise en sept classes : d'abord les chefs de quartier, qui reçoivent 12 fr. 50 par jour avec logement, chauffage, éclairage et uniforme, puis viennent les ingénieurs qui surveillent les autres dépôts et reçoivent 7 fr. 50 c.

Ensuite les sous-ingénieurs, préposés à une pompe à vapeur, reçoivent 6 fr. 25 c., les pompiers de 1re classe, 5 fr. 60 ; ceux de 2e classe, 5 fr.; ceux de 3e classe, 4 fr. 40 c.; ceux de 4e classe ou à l'essai, 3 fr. 75 c. Tout le personnel jouit, comme les chefs de quartier, des mêmes avantages de logement, chauffage, éclairage et uniforme. Tout homme blessé ou qui tombe malade dans l'exercice de ses fonctions reçoit solde entière jusqu'à complet rétablissement. Ces salaires sont élevés ; mais si l'on réfléchit aux fonctions périlleuses que les pompiers ont à remplir, aux services immenses qu'ils sont appelés à rendre, on comprendra qu'ils ne sont qu'une rémunération bien juste.

Il faut six mois pour s'assurer si un homme est apte au service, et pendant ce temps, outre son service régulier, il est exercé à la manœuvre des échelles, il suit un cours de théorie sur l'extinction des incendies, il étudie les différentes parties de la pompe à vapeur et à bras pour pouvoir prendre, au besoin, le commandement. S'il remplit toutes ces conditions, il devient, au bout de six mois, membre de la brigade, et, à partir de ce jour, son avancement dépend de sa conduite.

Dans les dépôts modèles de Westminster, de Camberwell et de Peckham, les dispositions pour le bien-être des hommes et des chevaux sont réellement parfaites.

Les chefs exigent une discipline sévère; *trois minutes* sont seulement accordées pour que pompes et pompiers quittent le dépôt après le premier appel; si la machine n'est pas prête, passé ce laps de temps, le conducteur et l'homme qui était de garde sont à l'amende chacun de 3 fr. pour la première fois, amende qui se monte a 6 fr. 25 c. pour la seconde, à 12 fr. 50 c. pour la troisième, au salaire de toute la semaine pour la quatrième, et enfin au renvoi du corps pour chacun d'eux ; mais là ne s'arrête pas la punition, car à chaque amende pour retard vient s'ajouter une perte de six mois de promotion à un grade supérieur, ce qui représente une perte d'augmentation de salaire de 60 centimes par jour.

Les amendes ont été bien rares. En règle générale, il ne faut que 2 minutes 1/2 pour que la machine parte à grande vitesse vers le lieu du sinistre. Il y a naturellement un grand nombre de fausses alarmes ou des feux de cheminée éteints avant qu'on arrive. Toutes ces alarmes obligent à du travail, et il est un fait avéré que dans certains dépôts il ne s'est pas passé une nuit depuis treize mois que les pompiers n'aient été appelés.

Comme on le voit, cette organisation présente pour la ville de Londres et pour ses habitants des garanties sérieuses de sécurité. La seule lacune qui reste à combler.

1. Ceci ne s'applique qu'aux pompes à vapeur de la Cité de Londres. MM. Merryweather and sons en construisent un plus petit modèle pour les villes de moindre importance. Ils en ont exposé une qui a remporté le prix aux essais comparatifs faits au Champ de Mars, et ils ont obtenu la grande médaille d'or. Cette machine ne pèse que 1,250 kilos et lance, à une hauteur de 50 mètres, 1,200 litres d'eau par minute! Depuis ils ont fait un modèle encore plus léger qui ne pèse que 1000 kilos, et débite 900 litres par minute.

augmentation qui doit être en rapport avec le nombre des dépôts et la quantité des pompes. Le capitaine Shaw est arrivé, grâce à une énergie infatigable, à une organisation intelligente, à faire du corps actuel des pompiers une institution capable de rendre les plus grands services.

NOTE.

C'est avec le puissant concours des deux pompes à incendie à vapeur appartenant à la Ville et dirigées par le corps des pompiers de Paris, que la Sainte-Chapelle, ce bijou de l'art gothique, a pu être épargnée du feu dans les déplorables événements du mois de mai dernier.

Les sapeurs-pompiers que nous avions formés pendant le siége ont pris possession des pompes aussitôt qu'il leur a été possible de le faire, et elles n'ont cessé de fonctionner durant trois jours et deux nuits, prenant leur eau dans la Seine, au quai des Orfévres et au quai de l'Horloge. L'une servait à battre les flammes qui menaçaient l'édifice que l'on voulait sauver, tandis que l'autre alimentait toutes les pompes à bras placées aux abords.

Ces pompes ont été ensuite utilisées pendant huit jours et huit nuits pour noyer les débris enflammés des magasins de La Villette.

G. M.

Juin 1871.

NOTES SOMMAIRES

POUR SERVIR A L'ÉTUDE

DE LA FABRICATION DES CANONS

PAR M. S. JORDAN.

AVANT-PROPOS. — Comme les questions d'artillerie vont nécessairement prendre une place importante dans les séances de la Société, et puisque je suis appelé par notre honorable Président à les y introduire aujourd'hui, il me semble utile d'exposer, aussi brièvement que possible, des notions générales qui, familières peut-être à quelques-uns, sont étrangères à la plupart des ingénieurs civils. J'y trouverai avantage pour la communication que j'ai à faire, et de plus je faciliterai, j'espère, la discussion sur les sujets analogues qui ne manqueront pas de se présenter, soit pendant le siége, soit plus tard.

L'artillerie exige la réunion de connaissances de diverses natures. Sans parler de l'organisation, de l'éducation et du commandement des troupes, du service dans les places ou en campagne, qui sont plus spécialement du domaine militaire, il faut, pour être un artilleur complet, connaître la *balistique*, qui est la mécanique rationnelle spéciale, la *pyrotechnie*, qui est la partie chimique du métier, la *construction du matériel et des armes*, qui exige à la fois le talent du mécanicien et celui du métallurgiste unis à l'expérience pratique du canonnier; il faut encore enfin être administrateur et comptable consommé, pour trancher toutes les questions et diriger les opérations compliquées qu'entraînent la réunion, l'entretien et les pérégrinations d'un grand nombre d'hommes, de chevaux, d'appareils et d'approvisionnements.

Sans prétendre qu'un ingénieur civil puisse, comme certains se le sont imaginé, décider *à priori* du mérite de telle ou telle invention rela-

se fortifiera en laissant largement entrer dans le domaine du génie civil et de l'industrie privée, au lieu de les réserver presque uniquement à un corps et à des établissements officiels, toutes les questions de mécanique, de métallurgie ou de chimie et d'administration peut-être, relatives à la fabrication des armes et des munitions. L'Angleterre, l'Amérique, la Suisse nous ont montré l'exemple. En sachant tirer parti des données théoriques et des faits d'expérience acquis ou conservés par les officiers d'artillerie, ainsi que des connaissances spéciales des ingénieurs; en dirigeant vers un même but les efforts bien réglés et disciplinés du militaire et l'imagination quelquefois déréglée, je le veux bien, mais plus indépendante du civil, on pourra certainement obtenir des résultats importants, soit comme nouvelle puissance, soit comme rapidité d'exécution, soit comme économie de fabrication. Les succès d'Armstrong et de Whitworth en Angleterre, de Krupp et de Dreyse en Allemagne, de Colt et d'Éricson en Amérique, permettent de l'affirmer sans danger de mécompte.

DÉFINITIONS. — Tout le monde sait ce que c'est qu'un *canon;* ce mot pour le vulgaire représente un tube plus ou moins gros fermé par un bout. Au fond, c'est-à-dire dans le *tonnerre*, on place une *charge* de poudre, et par-dessus un *projectile;* on enflamme la charge au moyen de la *lumière* percée dans la *culasse* et le coup part. On se forme facilement une idée sommaire de ce qui se passe, en considérant les gaz produits par la charge enfermée entre le fond de l'âme et le projectile comme un ressort qui se débande plus ou moins subitement dans tous les sens. Ces gaz exercent une pression ou *tension initiale* très-considérable, aussi bien contre les parois du tonnerre que contre le projectile; la masse souvent grande de celui-ci l'empêche de se mettre en mouvement, de *démarrer*, pour ainsi dire, sans qu'il se produise un effort violent, une sorte de choc plus ou moins brusque contre la culasse et les parois du canon lui-même. Une fois le démarrage effectué, le projectile poussé par le ressort gazeux suit l'âme du canon; tant qu'il n'est pas arrivé à l'extrémité ou *bouche* de la pièce, comme les gaz ne peuvent s'échapper que par le très-faible jeu (appelé *vent*) qui existe entre le projectile et les parois, celles-ci continuent à supporter une pression intérieure qui tend à faire éclater le canon, pression toutefois bien inférieure à celle qui se produit au moment du démarrage. Le projectile sort enfin du canon après avoir reçu toute l'impulsion possible, si la charge est en rapport avec la longueur de l'âme, et il est doué d'une *vitesse initiale* plus ou moins grande. Le canon lui-même prend en sens inverse une vitesse dont la grandeur dépend de sa masse et qui constitue le *recul*.

Le projectile part en faisant avec l'horizon un angle égal à celui que fait l'axe du canon, ou *angle de tir;* il suit une *trajectoire* curviligne, et va à une distance plus ou moins grande, suivant la *portée* correspon-

dante de la pièce), frapper le sol en fournissant un *angle de chute* toujours plus considérable que l'angle de tir. Plus les angles de tir et de chute pour une même portée sont faibles, plus la trajectoire est *rasante*, et plus l'*espace dangereux* (projection horizontale de la partie de trajectoire voisine du point de chute où les ordonnées ne dépassent pas la hauteur de l'homme ou du cavalier) est étendu. La *justesse* se mesure soit en hauteur, soit en direction, par la grandeur des *écarts* maxima au-dessus ou au-dessous, à droite ou à gauche du point de chute moyen ou *point d'impact*.

Pour un même projectile, la charge de poudre peut varier; elle peut être du tiers, du quart, du cinquième de ce poids.

La grosseur ou le *calibre* du canon et du projectile correspondant s'évaluent, soit d'après le poids du projectile (en livres ou en kilogrammes), soit d'après le diamètre de l'âme (en pouces ou en centimètres).

GUIDAGE DU PROJECTILE DANS L'AME. — Dans un canon *lisse*, le boulet sphérique ne remplit pas exactement la section de l'âme; il y a du jeu ou *vent* qui produit un mouvement de rotation plus ou moins irrégulier du projectile, et par suite des *battements* ou ricochets dans l'âme et des *déviations* dans la trajectoire. Lorsque la pièce est trop légère, le recul peut aussi produire des déviations nouvelles. De plus, comme la résistance de l'air est considérable sur un projectile sphérique, sa vitesse par seconde diminue rapidement.

Pour augmenter la justesse du tir et la portée, on a imaginé les canons *rayés*, dans lesquels le boulet de forme oblongue reçoit un mouvement rapide de rotation autour de son axe, mouvement qui lui fait conserver sa pointe en avant et diminue les effets de la résistance de l'air. Ce mouvement de rotation est engendré par le glissement de parties saillantes du projectile dans des rayures directrices contournées en hélice; il ne s'obtient naturellement pas sans une diminution sensible de la vitesse initiale du boulet par le frottement dans les rayures. La rotation amène, du reste, une déviation particulière aux boulets tournants, et connue sous le nom de *dérivation*. La trajectoire de ces projectiles est une courbe à double courbure, qui s'écarte peu à peu du plan de tir à droite, lorsque les rayures (vues de l'arrière et en dessus) vont de gauche à droite comme dans l'artillerie de terre française; à gauche, lorsque les rayures vont de droite à gauche comme dans l'artillerie navale française. La dérivation correspondant à une portée donnée peut être établie d'avance par des essais qui servent à établir les *tables de tir*.

Dans les canons rayés français, néerlandais et norvégiens, comme dans les anciens canons rayés russes, suisses, italiens, espagnols et autrichiens, qui se chargent par la bouche, le guidage du boulet s'opère par 12 *ailettes* ou appendices en zinc qui s'engagent dans 12 rayures

d'une forme particulière et telle que l'ailette ne la remplit pas, mais laisse derrière elle du vent. (Voir, Pl. 16, fig. 1, la section de l'âme d'un canon rayé français et le dessin du projectile.)

L'artillerie autrichienne, dont les canons se chargent aussi par la bouche, a adopté six rayures à flanc directeur excentrique dans lesquelles s'engagent six côtes inclinées en plomb saillantes sur le boulet. (Voir Pl. 16, fig. 2.) Le vent est mieux réparti et le guidage est meilleur que dans les canons français.

Le canon Whitworth a 6 larges rayures symétriques qui donnent à son âme l'aspect d'un hexagone; le boulet a la forme d'un prisme hexagonal tordu, dont les arêtes arrondies s'engagent dans les rayures. (Voir Pl. 16, fig. 3.) Il n'y a presque point de vent.

Dans les canons actuels prussiens, anglais, belges, suisses, italiens, espagnols, russes, comme dans le canon de 7 en cours de construction à Paris, pour lesquels on a adopté le chargement par la culasse, le guidage est autre. Il n'y a plus de vent du tout; le projectile est enveloppé d'une chemise de plomb cannelée transversalement qui se force d'elle-même dans un nombre plus ou moins grand (12, 18, 24 et plus) de rayures symétriques régulièrement réparties (voir Pl. 16, fig. 4). Le frottement est peut-être un peu plus grand, mais comme il n'y a pas de fuites de gaz par le vent, la pression génératrice de la vitesse initiale est plus grande.

Dans le canon de 4 prussien (obus de 4 $\frac{1}{2}$ kilog.), la vitesse initiale est de 369 mètres, à la charge de $\frac{1}{8,5}$; elle n'est que de 343 mètres, à la charge de $\frac{1}{7,5}$, dans le canon de 4 français (obus de 4 kilog.)[1].

SYSTÈMES DE FERMETURE DE CULASSE. — L'emploi des boulets qui se forcent dans le canon entraîne le chargement par la culasse, et par suite l'adoption d'un mode de fermeture et d'obturation : la fermeture doit résister à la pression intérieure des gaz; l'obturation doit empêcher le *crachement*, c'est-à-dire les fuites de gaz par les joints de la fermeture.

En France, on a adopté comme fermeture le *système Castman*, perfectionné par M. Treuille de Beaulieu : c'est un bouchon vissé dont les filets sont enlevés sur trois secteurs, de façon à permettre l'introduction et l'extraction rapides. (Voir fig. 1, Pl. 17.) Il est appliqué à nos canons de marine comme à la nouvelle pièce de 7.

Les canons belges, quelques canons prussiens et quelques pièces fran-

1. On trouvera des détails intéressants au sujet de l'influence de la forme des rayures sur la résistance des parois des canons dans la *Revue de technologie militaire*, t. III, Mémoires de MM. Noble et Terssen; et dans les *Mémoires couronnés et autres de l'Académie royale de Belgique*, 1869, Mémoire de M. le général Mayewski.

çaises nouvelles de 8 et de 24, existant à Paris, sont munies de la *fermeture Wahrendorf* à verrou et à culasse mobile. (Voir fig. 2, Pl. 17.)

Toute l'artillerie de campagne prussienne était naguères munie d'un système de fermeture à deux coins, qui glissent l'un sur l'autre et dans une mortaise prismatique de la culasse; il y avait deux variantes, le *système Wiesener* et le *système Kreiner*. Dans le premier, chaque coin a une section rectangulaire, la broche à vis fait corps avec le coin postérieur, tandis que l'écrou est placé dans la manivelle en acier. (Voir Pl. 17, fig. 3.) Dans le second, le coin antérieur a une section rectangulaire et le coin postérieur une section demi-circulaire; la vis formant une pièce à part a son écrou dans le coin postérieur. (Voir Pl. 17, fig. 4.)

L'artillerie de siége prussienne (et bientôt l'artillerie de campagne), comme l'artillerie suisse, emploie la *fermeture Broadwell* perfectionnée par Krupp, et qui comprend un seul coin cylindro-prismatique, mû et assujetti par une vis latérale dont l'écrou est taillé dans le massif même de la culasse. (Voir fig. 5, Pl. 17.)

La forme de l'entaille dans la culasse a une grande importance. On a eu en Prusse des déculassements de pièces, tenant à ce que l'entaille avait des angles vifs à sa partie postérieure; c'est pourquoi on arrondit maintenant en demi-cercle la face postérieure du coin.

Quant à l'obturation, elle est produite soit par la pièce elle-même au moyen d'un anneau extensible en acier ou en cuivre (*obturateur Broadwell*, Pl. 17, fig. 6 et 7), que les gaz de la poudre appliquent fortement contre le joint, soit par la gargousse au moyen d'un *culot* en carton ou en cuivre que les gaz emboutissent. (Voir Pl. 17, fig. 8)[1].

DÉTERMINATION DES PRESSIONS INTÉRIEURES ET DES VITESSES INITIALES. — Avant d'aller plus loin, il est nécessaire de dire quelques mots des appareils à l'aide desquels on détermine les pressions des gaz et les vitesses du projectile en divers points de l'âme et à la bouche du canon. L'étude de ces pressions et de ces vitesses constitue ce qu'on nomme la *balistique intérieure*. Elle a occupé d'une manière presque purement théorique, d'abord Euler et Lagrange, puis le général Piobert, qui s'appuya sur quelques expériences de Rumfort et de Marmont; mais on n'avait pas déterminé expérimentalement les lois du mouvement du projectile dans l'âme, qui doivent servir de base à la répartition du métal dans la bouche à feu[2].

1. Voir pour les divers systèmes de fermeture les ouvrages suivants : *Description du matériel d'artillerie prussien*, Dumaine, 1869; l'*Artillerie de la marine française, en* 1868, par Gadaud, Arthus Bertrand. — *Fermeture cylindro-prismatique de F. Krupp*, Dumaine, 1870. — *Revue de technologie militaire*, t. V; — Schmidt, *Le développement des armes à feu*, Schaffouse, 1870.

2. Voir Delobel, *Revue de technologie militaire*, t. II, p. 146.

Le colonel piémontais Cavalli, l'inventeur des canons rayés, fit le premier, en 1845, quelques essais pour rechercher les lois qui doivent régler les épaisseurs du métal dans toute l'étendue de l'âme.

Vers 1850, l'artillerie prussienne commença une série d'expériences qui se prolongea longtemps[1]; elle mesurait les pressions intérieures au moyen de trous percés dans l'épaisseur des parois perpendiculairement à l'axe de la bouche à feu et dans lesquels elle plaçait un petit cylindre d'acier, qui était lancé au moment du coup contre ùn pendule balistique disposé convenablement. Un officier russe de grand mérite, M. Mayewski[2], appliqua bientôt ces expériences, en les complétant, à la détermination des épaisseurs de métal des canons. M. Noble, en Angleterre, et M. Terssen, en Belgique, publièrent quelques études analytiques sur le même sujet. (Voir *Revue de technologie militaire*, t. III.)

Actuellement il existe, à ma connaissance, deux appareils employés pour mesurer les pressions des gaz de la poudre dans les différents points de l'âme des bouches à feu. L'un est l'*appareil Rodman*[3] (voir Pl. 18, fig. 1), avec lequel on évalue la pression en mesurant la largeur de l'empreinte faite dans une plaque de cuivre type par un poinçon d'acier poussé par les gaz. L'autre est un appareil employé par M. le commandant de Reffye pour l'étude du canon de 7 et basé sur les études de M. Tresca, relatives à l'écoulement des solides soumis à une forte pression : celle-ci est mesurée par la longueur de la tige de plomb formée par l'écoulement d'un cylindre de plomb à travers une filière. (Voir Pl. 18, fig. 2.) On a reconnu par ces moyens, dans certains gros canons, l'existence de pressions intérieures initiales supérieures à 4000 atmosphères; dans les canons de 7, grâce à l'emploi de la poudre comprimée, la pression initiale ne dépasse pas, dit-on, 1800 atmosphères.

Pour la mesure des vitesses des projectiles, on s'est longtemps servi du *pendule balistique* inventé par Robins, vers 1740, qui peut fournir la puissance vive du boulet à un moment rapproché de sa sortie du canon; le *canon pendule de Rumfort* (1780) était un instrument analogue. Vers 1840, en Angleterre, Wheatstone imagina un appareil basé sur l'électricité; plus tard, un officier belge, M. Navez, construisit un *pendule électro-balistique*, avec lequel on mesure le temps employé par le boulet pour franchir un certain espace, et on en déduit la vitesse à divers moments de la course.

Divers inventeurs, comme M. Mallet et le professeur Bashforth, en Angleterre, MM. Vignotti et Martin de Brettes, en France, le major Benton aux États-Unis, cherchèrent aussi à créer des appareils électriques pour

1. Voir Delobel, *Revue de technologie militaire*, tomes I et II.

2. Voir deux mémoires de M. Mayewski dans la *Revue de technologie militaire*, t. II, p. 173, et dans les *Mémoires de l'Académie royale de Belgique*, t. XXI.

3. Voir *Revue de technologie militaire*, t. IV, p. 63. Expériences du major Rodman.

un but analogue; mais l'appareil Navez, perfectionné par le colonel belge Leurs, est celui qu'on emploie le plus maintenant partout; il est basé sur les ruptures simultanées d'abord, au moyen d'un disjoncteur, de deux courant électriques dont les circuits passent par deux cadres-cibles, puis sur la mesure du temps qui sépare les deux ruptures consécutives effectuées par le passage du projectile à travers les deux cibles écartées d'une distance connue. La mesure du temps dans le *chronoscope Navez-Leurs* se fait au moyen de deux pendules.

Dans un autre appareil plus récent et également très-employé, le *chronographe Le Boulengé*, la mesure du temps est faite au moyen de la chute libre d'une tige d'acier. On trouvera dans la *Revue de technologie militaire*, tomes II, III, IV et V, des détails complets sur ces trois appareils, ainsi que sur leurs rivaux d'Angleterre et d'Amérique.

Pour obtenir la vitesse du boulet en divers points de l'âme du canon, un moyen pratique, qui a été employé, consiste à raccourcir successivement la longueur du canon en mesurant à chaque fois la vitesse à la bouche. M. le général Mayewski, dans des expériences faites chez Krupp, en 1867, en a essayé un autre qui peut être employé pour les canons se chargeant par la culasse, et qui consiste à fixer au culot du projectile une tige passant par un trou du coin de fermeture et munie d'une rondelle avec laquelle elle brise les fils de deux courants électriques correspondant à un chronographe.

PROPRIÉTÉS DE LA POUDRE A CANON. — D'après MM. Bunsen et Schischkopf[1], un gramme de poudre dégage 619 ½ calories, en brûlant dans un espace clos égal à son propre volume. Le volume des gaz dégagés serait 493 centimètres cubes à 0° et à la pression atmosphérique; la chaleur spécifique moyenne de ces gaz, pris sous volume constant, serait 0,1855. Par suite, la température des gaz comprimés dans un espace égal au volume de la poudre, soit 0cc,584, est 3340°, et leur tension 4374 atmosphères.

D'après les expériences directes du major Rodman sur l'*éclatement* de sphères en fonte remplies de poudre tassée, la limite inférieure de la pression absolue de la poudre comburée dans son propre volume serait 13,600 atmosphères.

Mais ces chiffres énormes ne sont pas atteints en pratique, attendu que la poudre ne se gazéifie ni instantanément ni dans un espace invariable. Une charge de poudre étant donnée, il faut un certain temps pour son *inflammation*, c'est-à-dire pour la transmission du feu à tous les points de la surface extérieure des grains qui composent la charge puis pour sa *combustion*, c'est-à-dire pour la gazéification complète de éléments de la poudre. Plus la combustion est rapide, plus la masse d

1. Voir *Annales de Poggendorf*, 1857.

La poudre de guerre française, composée de 0/0 salpêtre, 1/8 soufre et 1/8 charbon, est moins vive que les poudres prussienne, anglaise et suisse, et elle est celle qui encrasse le plus les armes à cause de la grande proportion relative de soufre qu'elle contient. Aussi pour la poudre, dite *poudre B*, employée dans les fusils modèle 1866 et dans les mitrailleuses de Reffye, on a modifié la composition en diminuant le soufre et en augmentant la proportion de charbon, ce qui rend la poudre notablement plus vive.

L'état physique de la poudre a aussi une très-grande importance; le même dosage peut agir de bien des façons différentes suivant sa mise en œuvre. Autrefois la poudre était pulvérulente; chaque particule brûlait fort vite, mais l'inflammation se transmettait difficilement dans une charge de *pulvérin;* on trouva de grands avantages à la *grainer.* Les gaz chauds et tendus que développent les premiers grains allumés s'introduisent dans tous les interstices et enflamment les grains d'autant plus aisément que ces interstices sont plus grands. On comprend donc qu'une poudre en gros grains débarrassée de poussier s'enflammera très-rapidement. Le grain, une fois enflammé, se combure d'autant plus rapidement qu'il est plus petit et que sa pâte est plus poreuse; avec une forme irrégulière, anguleuse, il brûle plus vite que si sa forme est régulière et globuleuse.

Les Américains emploient beaucoup dans leur artillerie une sorte de poudre qu'ils appellent *mammoth*, dont les grains présentent chacun 1 cent. cube ou plus de volume; cette poudre s'enflamme très-rapidement et brûle ensuite plus lentement.

Les Prussiens ont, au contraire, une poudre à canon plus fine que la nôtre, s'enflammant plus lentement et brûlant plus vite. Le décimètre cube pèse de 870 à 950 grammes, tandis que la poudre française pèse 860 grammes au maximum le litre.

Le même dosage peut donner une poudre *lente* ou une poudre *vive*. Le *battage*, c'est-à-dire l'opération qui donne la densité, a une grande importance dans la fabrication de la poudre.

Il y a longtemps déjà que l'on imagina de faire des charges en *poudre comprimée*, dont la densité peut atteindre 1,75 et permettre ainsi de loger un poids double dans un même espace. Ces poudres comprimées, mises sous forme de cylindres ou de prismes (*poudre prismatique* des Russes) pleins ou percés de trous, donnèrent d'abord des résultats médiocres, sans doute à cause de la juxtaposition des grains et du manque de densité.

En France, on a étudié cette question à plusieurs reprises, et M. de Reffye a adopté pour le nouveau canon de 7 et pour les mitrailleuses de Meudon des rondelles et des pastilles en poudre comprimée. Il résulte d'ex-

poudre prismatique produit d'abord une quantité de gaz moindre que la poudre à canon ordinaire, et que la pression sur le projectile est ainsi diminuée à l'origine de son mouvement. Ce projectile peut donc pénétrer progressivement dans les rayures, et ce mouvement plus régulier doit diminuer l'altération de l'enveloppe de plomb et augmenter la régularité des trajectoires [1].

CHARGEMENT DES BOUCHES A FEU. — On comprend tout d'abord que plus le poids de la charge de poudre sera grand par rapport à celui du projectile, plus la vitesse initiale de celui-ci sera grande, et inversement.

Avec les bouches à feu qui sont ou qui étaient destinées à lancer, soit des projectiles lourds à faible distance, soit de gros projectiles creux, légers relativement à leur volume, on emploie des charges faibles qui occuperaient une très-faible longueur dans l'âme si elles avaient la même section, et qui y formeraient seulement une sorte de galette ou lentille aplatie. Ces charges seraient dans de très-mauvaises conditions pour l'inflammation ; c'est pourquoi les bouches à feu dont il est question sont *chambrées*, c'est-à-dire ont le fond de l'âme disposé de façon que la faible charge de poudre y occupe un espace globuleux ou cylindrique. Les *obusiers* et les *mortiers* de l'artillerie de terre, qui lancent des projectiles sphériques creux à faible distance, les anciennes *caronades* de la marine, pièces légères qui lançaient de lourds boulets ronds, sont des pièces chambrées. (Voir Pl. 18, fig. 3, 4 et 5.)

Mais on ne peut pas, pour augmenter la vitesse initiale, augmenter indéfiniment la charge de poudre et par suite la longueur qu'elle occupe dans l'âme. On arrive bientôt à une limite au delà de laquelle l'inflammation se fait mal, et la combustion n'est plus complète pendant que le projectile est dans la bouche à feu ; une partie de la poudre est projetée avec le boulet hors de la volée. Avec les canons rayés, on ne peut même atteindre cette limite, parce qu'on risquerait d'endommager trop rapidement les pièces.

Le *mode d'inflammation* de la charge a aussi une action qui a été étudiée. On peut y mettre le feu par l'arrière, en haut (c'est le mode employé par l'artillerie de terre), par l'avant, par le milieu de la longueur (mode employés pour les gros canons de marine), et aussi par le centre et dans l'axe du canon. On peut, de plus, faire pour la gargousse un logement juste égal à son volume ou laisser un certain espace vide. On a reconnu, je crois, dans l'artillerie de marine, que, pour obtenir la meilleure v-

1. Voir *Expériences comparatives exécutées en 1868, près de Berlin*, par C. de Dopp-mair. Dumaine, 1870. — Aussi *Revue de technologie militaire*, Expériences du major Ho-man, t. IV.

tesse initiale avec la moindre fatigue pour le canon, il y avait avantage à mettre le feu par l'avant et à laisser un certain vide entre la gargousse et le fond de l'âme. Cela s'obtient sans difficulté avec les canons se chargeant par la bouche; mais pour ceux se chargeant par la culasse, il se présente une difficulté grave : l'obturation n'a plus lieu quand il y a un vide entre l'obturateur et la gargousse. L'artillerie de marine française et l'artillerie prussienne ont résolu la difficulté en donnant à la gargousse un diamètre un peu moindre que celui de l'âme (150 millim. au lieu de 160, 213 au lieu de 240 par exemple), ce qui laisse un espace vide annulaire. On laisse aussi souvent dans le même but un vide entre la gargousse et le boulet, ce vide étant rempli par un *valet* en étoupe ou un bouchon en algue.

Dans le canon de 7, système de Reffye, on obtient un effet analogue en plaçant le vide dans l'axe de la cartouche qui est alors *tubulaire*, et en enflammant par le centre les rondelles annulaires qui la composent. Le commandant de Reffye a ainsi tiré parti probablement d'une invention de M. Whitworth. Cet habile ingénieur a, en effet, proposé dès 1866, si je ne me trompe, un système de gargousse tubulaire que représente la fig. 6, Pl. 18[1]. *aaaa* est un sachet ordinaire en serge ou flanelle, assujetti à son ouverture autour d'un sabot annulaire en bois *bb*. Dans l'axe se trouve un tube *cc* en métal mince ayant un diamètre intérieur égal au quart du diamètre de la gargousse. *dd* sont des trous en couronne dont la position règle la vitesse d'ignition de la charge. *ee* est une cartouche centrale à laquelle on met d'abord le feu par la lumière *g* qui traverse la charge. Les gaz de cette cartouche mettent d'abord le boulet en mouvement, puis enflamment la charge proprement dite par l'arrière et par les trous *dd*. La position de ces derniers règle, dans certaines limites, la rapidité de l'ignition de la charge. D'après M. Whitworth, on aurait la lenteur maximum en les plaçant au quart de la longueur compté depuis l'arrière. On a proposé aussi de faire le tube intérieur en toile métallique recouverte de papier incombustible, sauf en *d* où on mettrait du papier pyroxylé; la cartouche serait plus aisée à transporter. Mais je ne connais pas les résultats des expériences faites sur ce système de chargement.

Si l'on réfléchit à ce qui se passe au moment de l'inflammation de la charge, on comprend bien vite que les divers systèmes de chargement ci-dessus exposés ont pour but d'amener un certain retard dans la production de la tension maximum des gaz de la poudre, afin qu'elle n'agisse pas sur un projectile encore inerte, mais bien sur une masse déjà en mouvement, et en même temps, par suite, de diminuer cette tension maximum (ce qui diminue ainsi la fatigue du canon) sans réduire la quantité de travail produite par la charge. En traçant la courbe des

1. Voir *Practical Mechanic's journal* du 1er mars 1867.

pressions intérieures dans un canon, on voit que pour une poudre très-vive, dont la combustion est rapide, les ordonnées au point de départ sont très-considérables (souvent plus de 4000 atmosphères au fond des canons de 10 pouces anglais lançant un boulet rond de 126 livres avec une charge de 16 livres, d'après les expériences du major Rodman, mais décroissent très-rapidement. Si la poudre est trop vive, on peut perdre de la puissance vive (car on sait que toute transmission de mouvement par un choc donne lieu à une perte de puissance vive) et endommager le canon sans résultat utile. La poudre comprimée, employée avec les systèmes de chargement ci-dessus, donne à la courbe des pressions des ordonnées initiales bien moindres (1800 atmosphères au plus, dit-on, dans le canon de 7, système de Reffye), mais qui se conservent plus régulièrement pendant le trajet du boulet dans l'âme.

Mais aucun des systèmes ci-dessus n'est réellement rationnel. On se contente, en général, d'une charge dont l'inflammation se produit à mesure que le boulet se déplace, et dont la combustion est complète lorsque le projectile quitte le canon; on ne se préoccupe pas de ce que la production des gaz étant régulière (puisque dans une charge homogène, des longueurs égales de poudre sont brûlées dans des temps égaux, d'après Piobert), tandis que la vitesse du boulet augmente, *celui-ci se soustrait* par son accélération de plus en plus à l'action des gaz. Il faudrait donc, ainsi que l'a proposé M. L. Rarchaert, ingénieur[1], pour appliquer d'une manière rationnelle la force d'expansion des gaz de la poudre, arranger la charge de manière à faire suivre à la vitesse de production de ces gaz la même loi que suit le mouvement des corps, c'est-à-dire que la production des gaz, au lieu d'être régulière et uniforme, se fasse de plus en plus rapidement.

Le système de cartouche tubulaire Whitworth satisfait un peu à cette condition. On pourrait y arriver mieux, comme l'a indiqué M. Rarchaert, en composant la gargousse de plusieurs tranches parallèles de poudres de diverses natures. La tranche touchant le projectile, qu'on enflammerait la première et qui déplacerait d'abord le boulet, serait en poudre lente; la tranche suivante en poudre ordinaire; puis viendrait de la poudre vive, et enfin une dernière tranche de poudre brisante qui ne s'enflammerait que lorsque le boulet aurait déjà parcouru la majeure partie de l'âme.

Quel que soit le mode de chargement adopté, il importe, pour diminuer l'effet du choc qui se produit toujours plus ou moins au moment du démarrage du projectile, de faciliter ce démarrage par tous les moyens possibles. Dans les canons de la marine française qui sont en fonte de fer et où on est obligé de se préoccuper beaucoup de la ré-

1. Voir *Mémoire sur un nouveau mode de chargement* dans le *Spectateur militaire* du 15 janvier 1865.

tance des pièces, on emploie un système de *rayure parabolique*, c'est-à-dire que l'inclinaison de la rayure sur l'axe du canon, d'abord nulle à la culasse, va en augmentant suivant une certaine loi à mesure qu'on approche de la bouche[1] : il va sans dire que le projectile ne peut alors porter qu'une seule couronne d'ailettes. Dans les canons qui se chargent par la culasse et dans lesquels le projectile est forcé (canons prussiens, canon de 7, système Reffye), la chambre de la gargousse a un diamètre un peu plus grand que celui de l'âme rayée, et se raccorde avec cette âme par une partie tronconique qui forme la chambre du projectile; il en résulte que les rayures viennent mourir à fleur de l'âme, dans cette partie conique[2]. De plus, on facilite le forcement de la chemise de plomb dans ces rayures, en leur donnant une largeur qui va en décroissant depuis le tonnerre jusqu'à la bouche, ou, en d'autres termes, en formant les deux flancs de la rayure avec des hélices de pas légèrement différents; c'est ce que M. de Reffye a fait dans son canon de 7, comme les Prussiens dans leur canon de 4 de campagne.

DE LA MATIÈRE A CANONS. — Il serait peu utile de donner dans ces notes sommaires un historique de l'ancienne artillerie; je rappellerai seulement qu'on construisit des canons en bois cerclé de fer, en tôle soudée et frettée, en douves de fer assemblées et recouvertes de cercles, en cuir même. Depuis plusieurs siècles, on ne construisait plus les bouches à feu qu'en métaux fondus et coulés, c'est-à-dire en bronze ou en fonte de fer, lorsque l'invention du marteau-pilon et les progrès de la métallurgie moderne ont ranimé les recherches des mécaniciens pour la construction des canons avec des pièces de fer ou d'acier assemblées par le soudage ou autrement.

Les chiffres suivants, résultats de nombreuses expériences faites aux États-Unis par l'artillerie, avec une machine à essayer bien combinée, sous la direction du major Wade, donneront une idée de l'intérêt qui s'attache aux divers métaux ci-dessus :

	DENSITÉ du métal.	TÉNACITÉ DU MÉTAL en kilogr. par millim. carré.	DURETÉ chiffres proportionnels.
Fonte. . . .	6,900 à 7,400	6,33 à 32,32	4,57 à 33,51
Fer.	7,704 à 7,858	26,73 à 52,44	10,45 à 12,14
Bronze.. . .	7,978 à 8,953	12,44 à 39,92	4,57 à 5,94
Acier. . . .	7,729 à 7,862	89,98	»

Les échantillons ont été nombreux, et je ne donne que les chiffres maximum et minimum pour chaque métal. Les chiffres relatifs à la

1. Voir Pl. 18, fig. 7.
2. Voir Pl. 18, fig. 8.

dureté n'ont qu'une valeur relative. Les expériences américaines établissent aussi qu'on peut se faire une idée assez exacte de la bonté des canons pour l'essai à la poudre, par la densité du métal et sa résistance à l'épreuve mécanique, toutes choses étant égales d'ailleurs[1].

Je n'ai pas à rappeler ici les propriétés mécaniques des divers métaux; elles sont bien connues des ingénieurs. Je m'occuperai seulement maintenant d'analyser la manière dont résistent les parois d'un canon à la pression intérieure qui tend à le faire éclater. Pour y arriver, on peut supposer que ces parois, qu'elles proviennent d'un forgeage ou d'un moulage, sont formées d'une série de couches concentriques. Toutes ces couches réunies ont à résister à une pression intérieure P. La première couche à l'intérieur sera sollicitée à se dilater; le métal qui la compose, par son élasticité, tendra à reprendre ses dimensions primitives, et fera équilibre à une portion p' de la pression P. La deuxième couche sera sollicitée à se dilater par une pression $P - p'$, moindre que celle qui sollicite la première, et fera équilibre à une nouvelle potrion p'' de P, plus petite que p'; la troisième couche, qui recevra une pression

$$P - (p' + p''),$$

sera encore moins dilatée que la seconde et fera équilibre à une nouvelle pression p''', et ainsi de suite. On voit que c'est la première couche qui prend la plus grande part dans la résistance du canon, et celle-ci n'est autre que la somme des résistances de toutes les couches

$$P = p' + p'' + p''' + \ldots = \Sigma p.$$

Si dans la figure 9, Pl. 18, où A B C D représente une portion de la section d'un canon, on représente par des ordonnées la tension des diverses couches comprises entre G et F, on aura une courbe analogue à HI, et l'aire G H I F fournira une expression de la résistance totale du canon suivant la génératrice projetée en G[2]. On voit que, lorsque la première couche intérieure travaillera peut-être près de sa limite de rupture, celle extérieure n'aura à supporter qu'un faible effort. L'augmentation d'épaisseur du métal n'augmentera pas sensiblement la résistance et n'empêchera pas la rupture, si la couche intérieure a à supporter une tension supérieure à la résistance du métal.

1. Voir les *Reports of Experiments on the strength and other properties of metals for cannon*, by the officers of the ordnance department, U. S. Army. Philadelphie, 1856.

2. Divers mathématiciens ont établi des formules qui servent à déterminer la grandeur de la tension transmise à une couche quelconque de l'épaisseur du cylindre, en fonction de la tension P. Voir notamment celles du Dr Hart. *Transactions of the Irish Academy*, volume XXIII, Dublin, 1856, et de M. Brooks, *Proceedings of the Institution of civil Engineers*, 1860.

Mais on augmentera considérablement la solidité d'un canon, si on peut obliger les couches extérieures à prendre, dans la résistance totale, des parts égales à celles des couches intérieures, de façon que la courbe des tensions H I devienne une parallèle à G F. On y arrive en s'arrangeant de façon que, avant l'explosion, les couches extérieures supportent déjà une tension qui sert à comprimer les couches intérieures, une seule couche, celle en N, se trouvant à l'état de repos, c'est-à-dire ni comprimée ni tendue. Si l'on représente les compressions par des ordonnées négatives, la courbe L N M figurera l'état des diverses couches avant le tir. Lors du tir, celles intérieures ne commenceront à se dilater que lorsque la pression intérieure aura fait équilibre à leur compression initiale, et par suite à la tension des couches extérieures; leur dilatation n'atteindra jamais qu'une fraction de celle qui aurait eu lieu sans l'existence de la compression, et elle amènera aussi des tensions moindres sur les couches extérieures. Celles-ci, au moment du tir, supporteront deux séries de tensions qui s'ajouteront, savoir: celles initiales qui servent à comprimer les couches intérieures, et celles qui proviennent de la dilatation réduite de ces couches. Il ne faut pas que la somme des deux tensions dépasse, pour aucune couche, la résistance du métal à la rupture. De même que, dans le canon ordinaire primitivement examiné, la couche extérieure supporte au moment du tir la moindre tension, de même, dans le canon théoriquement parfait que nous considérons, cette couche doit supporter avant le tir la plus forte tension initiale[1].

Un ingénieur anglais, M. Longridge, avait imaginé, en 1855, de construire un canon type en entourant un tuyau de fonte d'une série de couches de fil de fer, chaque couche étant formée d'un grand nombre de spires jointives enroulées avec une tension qui, constante pour une même couche, allait en augmentant depuis la couche intérieure jusqu'à celle extérieure. Il réalisait ainsi le canon théorique dont je viens de parler; mais il ne s'était pas préoccupé d'avoir une culasse suffisamment résistante, et son canon d'essai périt par déculassement, en cédant à la pression des gaz de la poudre dans le sens de l'axe du canon.

Il va de soi que si, dans le canon considéré, les couches intérieures possédaient, non pas une compression, mais une tension initiale, tandis que les couches extérieures seraient comprimées, la résistance totale serait moindre que celle du canon où toutes les couches sont à l'état de repos.

1. On trouvera dans un ouvrage anglais, qui malheureusement n'a pas été traduit à notre connaissance, des considérations physiques et mécaniques, ainsi que des formules intéressantes sur cette question : c'est le livre de M. R. Mallet, *On the Physical conditions involved in the Construction of Artillery*. Dublin, 1856. — Voir aussi *Proceedings of the Institution of civil Engineers*, 1860. *On the construction of Artillery*, by Longridge. — Voir encore *Mémoire sur la résistance des parois des canons*, par le colonel Gadolin. *Revue de technologie militaire*, t. III, 1863.

J'examinerai maintenant les divers systèmes de construction, sans entrer dans aucune discussion sur leurs mérites respectifs[1].

CANONS EN BRONZE. — La France s'en est tenue jusqu'à présent au bronze moulé et fondu pour la fabrication de ses canons, autres que ceux de marine. Il en est de même de l'Autriche et de plusieurs autres pays.

Le bronze à canon est composé, comme on sait, de 11 parties d'étain pour 100 parties de cuivre, avec une faible proportion de matières étrangères. On a essayé des alliages un peu différents, entre autres du bronze légèrement phosphoreux et ferreux, et du bronze d'aluminium formé de 10 aluminium pour 90 cuivre. Le premier plus fusible que le bronze ordinaire, plus dur, est moins résistant aux effets destructeurs du tir. Le second, plus homogène, s'égrène moins, s'affouille moins, mais, étant plus mou, se dégrade plus vite par l'action des battements et du frottement des ailettes; il est aussi plus cher. En fin de compte, on en est resté au bronze à canons classique.

Les canons de ce métal ont l'avantage de ne pas éclater en cédant brusquement à la pression intérieure des gaz, mais d'avertir au contraire, par des dégradations extérieures ou intérieures sensibles, lorsque leur emploi devient dangereux. Le bronze est moins élastique que la fonte et peut prendre des allongements permanents assez considérables avant sa rupture.

De plus, si la matière est coûteuse, elle conserve une grande partie de sa valeur, alors même que la pièce est hors d'usage.

Les bouches à feu de bronze se coulent toujours pleines, sans noyau, à l'exception de quelques mortiers de gros calibre; on ménage à la coulée une masselotte d'un poids presque égal à celui de la pièce elle-même. On les fore, on les alèse et on les tourne sans difficultés notables, le bronze se laissant aisément travailler à l'outil. Jusqu'il y a peu d'années, la plupart des pièces de canon étaient moulées d'après des gabarits dus à Gribeauval; on ne s'était occupé de déterminer ni théoriquement ni expérimentalement l'épaisseur des parois. Pour le nouveau canon rayé de 7, son inventeur, M. de Reffye, a, dit-on, étudié les pressions intérieures des gaz de la poudre et établi en conséquence le profil extérieur de la pièce. (Voir Pl. 19, fig. 1, le canon de 4 français, système Lahitte)[2].

CANONS EN FONTE DE FER. — On a fabriqué depuis près de deux siècles des bouches à feu en fonte de fer pour l'armement des places fortes

1. Voir Sir E. Tennent, *The story of the guns*. — Holley, *Treatise on ordnance and armour*.

2. Voir Emy, *Fabrication des bouches à feu*. Metz, 1851. — *Mémorial d'artillerie*, t. VII.

sa résistance à l'usure par le frottement la rendent avantageuse pour l'artillerie ; malheureusement, les canons en fonte, à de rares exceptions près, ne présentent pas une grande résistance à la pression des gaz de la poudre, malgré de fortes épaisseurs, et ils éclatent souvent inopinément. même à de faibles charges. Aussi, actuellement, on n'en construit plus que dans des pays qui possèdent des minerais d'une pureté et d'une qualité particulières et qui produisent des fontes à grande ténacité, comme la Suède, la Norvége, les États-Unis. Dans ces pays, on fabrique en fonte de fer, non-seulement des canons de place et de marine, mais des canons de campagne et des canons-obusiers (ou *columbiades*, comme disent les Américains). Les officiers de l'artillerie des États-Unis se sont livrés à une série de recherches du plus haut intérêt sur les propriétés de la fonte de fer et les meilleurs procédés de coulage. On les trouve résumées dans les *Reports* américains de 1856, déjà cités, et dans un autre livre publié à Boston, en 1861, sous le titre de : *Reports of experiments on the properties of metals for cannon, and the qualities of cannon powder*, par le major Rodman, qui y a pris une grande part. Depuis une vingtaine d'années déjà, les Américains sont arrivés à conclure que le mode de moulage et de coulée, employé jusqu'alors à la fabrication des canons en fonte de fer, est essentiellement mauvais. On coulait habituellement les canons pleins pour y forer ensuite l'âme. Il en résulte que le refroidissement va de la surface extérieure au centre et que la solidification commence à la circonférence; par suite, grâce au retrait notable que prennent les fontes à grain serré ou même truité (qu'il faut employer pour avoir de la résistance), les couches intérieures, qui se solidifient les dernières et qui restent forcément adhérentes aux couches extérieures déjà solidifiées, sont obligées de conserver des tensions souvent considérables; la couche qui forme la paroi de l'âme, au lieu d'être comprimée, comme j'ai fait voir que cela était avantageux, est distendue déjà avant le tir, de sorte que sa résistance est fort diminuée. Quelques précautions qu'on prenne pour ralentir le refroidissement, on n'arrive jamais à remédier complétement à cet inconvénient. Aussi, dès 1851, M. Rodman a été conduit à modifier le système de moulage et à couler les canons avec un noyau creux rafraîchi intérieurement par de l'eau courante, afin que le refroidissement de la fonte et sa solidification commencent par le centre; il chauffe même les moules par l'extérieur, afin d'être sûr qu'il n'y a pas de solidification à la circonférence. Par ce système, les couches intérieures, qui se solidifient les premières, se trouvent comprimées par les couches suivantes qui se refroidissent sur elles et qui, par l'effet du retrait, produisent pour ainsi dire l'effet de frettes superposées. Le mode de coulage à noyau creux est le seul employé maintenant en Amérique et en Suède; dans ce dernier pays, on emploie seulement un mélange d'air et de vapeur pour le refroidissement du noyau.

On a étudié aux États-Unis, d'après les expériences citées sur les pressions intérieures, les épaisseurs des parois aux divers points de la longueur des bouches à feu, et l'amiral Dahlgreen a fait fondre à l'époque de la guerre de la sécession des canons à grande puissance qui se sont constamment montrés très-résistants. On trouvera Pl. 19, fig. 2, comme exemple, le dessin d'un canon américain, système Rodman, à très-grande puissance.

La plupart de ces canons en fonte, destinés à être chargés par la bouche, ont la culasse terminée par un cul de lampe, et on les coule verticalement, la culasse en bas et la volée en haut, surmontée d'une masselotte. On fabriquait ces dernières années, à Ruelle, des canons destinés à être chargés par la culasse et présentant un tonnerre cylindrique avec une tranche plane perpendiculaire à l'axe. On a trouvé avantage, dit-on, pour ceux-ci, à les couler la volée en bas, la culasse en haut, avec une masselotte surmontant la tranche de culasse, conformément à une pratique adoptée par une fonderie suédoise qui aurait reconnu que, dans un long cylindre en fonte coulé verticalement, la partie la plus dense et la plus résistante se trouve au milieu de la hauteur environ, et non en bas.

CANONS EN FONTE FRETTÉS. — L'idée de cercler en fer des canons en fonte coulée remonte aux origines de l'artillerie. En 1843, on essaya de nouveau ce système à la fonderie de la marine, à Ruelle, mais sans succès; une pièce frettée éclata au 77e coup, tandis qu'une semblable en fonte, sans frettes, n'éclata qu'au 84e coup. C'est qu'en effet le frettage, pour être réellement avantageux, ne doit pas être un simple cerclage; il doit serrer le tube intérieur en fonte, de façon à y créer ces contensions utiles dont j'ai parlé; il fallait la découverte de l'importance de ces tensions intérieures, découverte due à l'artillerie américaine, et l'étude de leurs lois due à divers savants français et anglais, pour permettre de comprendre et d'appliquer un frettage rationnel.

Le capitaine Blakely, de l'artillerie anglaise, le premier, en 1855, essaya et employa des canons en fonte frettés conformément à la théorie. Il en a fabriqué beaucoup pour l'armement de diverses puissances étrangères.

L'artillerie de marine française, en 1860, adopta aussi ce système en décidant qu'un frettage continu, composé de frettes jointives en acier puddlé, serait appliqué sur toute la longueur du renfort des canons. Bientôt on trouva avantageux d'appliquer un double rang de frettes alternant avec les premières, de façon à recouvrir les joints. Ces frettes se font avec des spirales d'acier puddlé assez dur pour être très-élastique; leur fabrication est d'une grande difficulté, et les usines de MM. Petin, Gaudet et Comp. seules y ont complétement réussi. L'épaisseur du frettage varie de 15 à 30 centimètres, suivant le calibre des canons (16, 19, 24 ou 27

centimètres). Les tourillons sont portés par une frette spéciale, dite *frette-tourillon*, qui est la plus difficile à fabriquer[1].

Aux États-Unis, M. R. Parrott, ancien capitaine d'artillerie, actuellement propriétaire de l'importante fonderie de canons de West-Point, fabrique aussi des canons en fonte qu'il frette seulement sur la culasse et le tonnerre. On a fait grand bruit à une certaine époque de ces canons Parrott; ils ne valent pas ceux de la marine française[2].

Dans les canons français, comme dans les canons Blakely et Parrott, on place les frettes en les dilatant au moyen d'une faible chaleur, afin qu'elles puissent entrer à leur place. Le degré de serrage qu'elles fournissent dépend de la très-petite différence qui existe entre le diamètre extérieur du cylindre à fretter et le diamètre intérieur de la frette; celle-ci doit être parfaitement tournée et ajustée, et on comprend qu'une erreur d'une fraction très-petite de millimètre peut avoir une influence considérable sur la résistance des canons. On a essayé aussi de placer les frettes en rendant la surface de la fonte légèrement conique, la plus petite base du cône étant à la culasse. On met alors les cercles à froid du côté de la culasse et on les pousse en place à l'aide d'une forte pression ; mais cette méthode exige une grande précision de tournage et une grande force mécanique. Les frettes ne garantissent pas le canon contre le déculassement, et ici c'est la résistance propre de la fonte seule qui est en jeu. Les fontes au charbon de bois et à l'air froid qu'on emploie en France à la fabrication des canons ne cassent que sous une charge de 23 kilog. environ par millim. carré. Les États-Unis possèdent des fontes à canons de qualité exceptionnelle : dans certains cas, leur résistance a dépassé 30 kilog. par millim. carré, et on considère 17 1/2 kilog. comme un minimum au-dessous duquel on ne doit pas descendre. Les canons frettés à chargement par la culasse, système français, résistent mieux au déculassement que ceux où la culasse est fermée et venue de fonte avec le tube du canon[3].

CANONS EN FER FORGÉ. — En laissant de côté toute idée archéologique, on peut dire que la première tentative sérieuse pour construire des canons en fer a été faite en 1845 par M. D. Treadwell, professeur de mécanique aux États-Unis[4], qui comprit le premier toute l'importance de fabriquer les pièces de canon en fer enroulé en spirale au lieu de souder ensemble des sortes de douves longitudinales ; un de ses canons fut

1. Voir, Pl. 19, fig. 3, le dessin d'un canon de marine français.

2. Voir *Revue de technologie militaire*, t. IV.

3. Voir *Théorie des canons cerclés*, par le colonel Gadolin. *Revue de technologie militaire*, t. III.

4. Voir *Notice succincte sur un canon perfectionné*, par Daniel Treadwell. Paris, 1848. Corréard.

deux essais dont les résultats ne furent pas favorables à l'adoption des canons en fer. MM. Petin et Gaudet, en 1849, fabriquèrent, sur la demande de l'artillerie, sept bouches à feu en fer forgé en masse sous le marteau-pilon au moyen d'un paquet de forme ordinaire. Les forges d'Audincourt, la même année, envoyèrent à l'Exposition de l'industrie deux canons fabriqués au moyen de loupes soudées au sortir du feu comtois, de façon qu'il n'y avait aucun plan de clivage dans la masse de fer. Mais si le soudage était meilleur, les fibres du métal n'en étaient pas mieux disposées que dans le système des paquets, et la pièce pouvait aussi présenter de ces fissures intérieures qui se manifestent souvent dans les gros forgeages, par suite de l'inégalité du chauffage et du refroidissement de la masse.

Vers 1855, M. Nasmyth, en Angleterre, et MM. Ward et Comp., aux États-Unis, essayèrent encore sans succès des canons forgés en masse; l'éclatement du *Peacemaker*, à bord du navire *Princeton*, fit prononcer la condamnation des canons en fer par toutes les autorités compétentes et autres. Cependant M. Clay, des forges de la Mersey, à Liverpool, n'était point de cet avis, et il entreprit, en 1856, la fabrication d'un canon monstre, baptisé du nom de *canon Horsfall*. C'est une masse de fer forgé que l'on a foré pour y creuser l'âme; les tourillons sont fixés à une frette rapportée. Ce canon fut essayé à outrance à Portsmouth; mais, malgré les bons résultats fournis, il resta plusieurs années abandonné sur le rivage. Les artilleurs n'étaient pas favorables aux canons en fer, et il fallut les résultats obtenus par M. Armstrong pour faire sortir de l'oubli le canon Horsfall. Cette pièce, du reste, doit sa qualité bien plus à la bonne qualité de la matière et à l'habileté de la main-d'œuvre qu'au système de forgeage adopté.

Les *canons Armstrong* peuvent être considérés comme le type de la construction en fer forgé; après divers tâtonnements de l'inventeur, ils sont devenus une application réussie des études théoriques du Dr Hart et de M. R. Mallet, dont j'ai parlé plus haut. Leur âme est formée par un tube en fer enroulé en hélice, comme dans les canons de fusil à rubans, et soigneusement soudé et forgé; ce tube est renforcé extérieurement par d'autres tubes ou manchons fabriqués de la même manière, mis en place à chaud, et dont le nombre est plus ou moins grand suivant les calibres. La pièce se trouve ainsi composée d'une série de couches concentriques en fer se frettant les unes les autres, de façon à prendre les tensions initiales convenables, l'épaisseur de chaque couche étant d'environ 5 centimètres. Depuis ces dernières années, le tube intérieur des canons Armstrong, au lieu d'être fait en fer enroulé et soudé, est fait en acier doux étiré par le procédé Deakin et Johnson.

D'après la théorie, plus les tubes concentriques sont minces et multipliés, plus le canon approche de la perfection; mais en pratique on ren-

arrivé à l'arsenal de Woolwich à simplifier et à perfectionner en même temps la construction par un procédé dit *système Fraser*. Au lieu de ne faire que de courtes viroles en fer de Lowmoor enroulé, qu'on a ensuite à souder bout à bout, M. Fraser fait de gros enroulements en fer du Staffordshire à forte section; il place l'une dans l'autre deux et quelquefois trois de ces hélices, en ayant soin que les sens d'enroulement des spires alternent. Il place cette grosse trousse tubulaire dans un four à réchauffer, où il la porte au blanc soudant; puis il soude au pilon, et il a ainsi d'une seule pièce un épais manchon qu'il fixe ensuite avec le degré de serrage suffisant sur le tube en acier doux, forgé plein et foré, qu'il adopte pour âme de ses canons. Les canons du système Fraser, grâce à la masse des manchons, sont moins sujets que ceux du système Armstrong à se dégrader par l'action de chocs extérieurs violents.

Je donne, Pl. 19, fig. 4, 5, 6, 7, les croquis de deux canons de campagne et de deux canons de marine, systèmes Armstrong et Fraser, pour faire bien comprendre leur construction[1].

Les *canons Ames*, aux États-Unis, sont en fer forgé plein, avec mises annulaires; ils ne paraissent pas fournir des résultats bien avantageux pour les gros calibres.

CANONS EN ACIER. — La grande ténacité de l'acier fondu aurait depuis longtemps séduit les constructeurs de canons, sans la difficulté qu'on éprouvait à obtenir ce métal en grandes masses. C'est à M. Krupp, d'Essen, le premier, comme on sait, qui ait coulé de gros lingots d'acier, qu'on doit les premiers canons faits avec ce métal, et c'est encore lui qui est à la tête des fabricants de canons en acier.

Les *canons Krupp* ont été longtemps tous construits massifs par le forgeage d'un seul lingot d'acier doux, les tourillons étant obtenus du bloc même qui forme le corps du canon. On les fore, on les alèse et on les raye par un travail analogue à celui des canons en bronze. Toutes les pièces de campagne de l'artillerie prussienne et les pièces de siége également se font encore de cette façon : la grande résistance de l'acier permet de leur donner un poids relativement très-faible. Voici les poids des pièces de campagne prussiennes :

Pièce de 4, calibre $78^{mm},5$; poids de l'obus $4^{k},25$; poids du canon 275^{k}.
Pièce de 6, calibre $91^{mm},6$; poids de l'obus $6^{k},80$; poids du canon 430^{k}.

Tandis que la pièce de 4 française, en bronze, pèse 330 kil., et ne lance qu'un obus de 4 kil.

Cette légèreté toutefois n'est pas un avantage bien grand; il faut que

1. Voir le journal *Engineer*, 1868.

du recul. Pour que celui-ci soit dans des limites convenables, l'expérience a montré qu'il fallait que la pièce pesât au moins 80 fois le poids du projectile. Nos anciens obusiers de montagne de 12 centimètres, pesant 100 kilog. seulement et lançant un obus de plus de 4 kilog., se cabraient et se renversaient presque à chaque coup, si l'affût n'était pas solidement maintenu.

Depuis quelques années, on s'est mis à construire des canons de gros calibre, et on a reconnu, chez M. Krupp lui-même, qu'il valait mieux forger le canon sans tourillons, et lui fixer ensuite ceux-ci à l'aide d'une frette-tourillons, celle-ci étant forgée sans soudure par un procédé analogue à celui employé dans la même usine pour les bandages. Maintenant, pour les très-gros calibres, M. Krupp a adopté complétement la structure frettée, que la pratique a démontré être bien préférable à la structure massive. On fait d'abord un tube d'acier qu'on consolide ensuite extérieurement par un ou deux rangs de frettes également en acier posées à chaud. Le gros canon de 1000 livres, qui figurait à l'Exposition de 1867, avait trois rangs de frettes autour du tonnerre et deux rangs autour du reste de la culasse. (Voir, Pl. 19, fig. 8 et 9, un canon Krupp.)

Les *canons Whitworth* sont également en acier fondu au creuset; le métal est, dit-on, soumis, pendant qu'il est encore liquide, à l'action d'une presse hydraulique puissante. Cette opération lui donne une homogénéité remarquable et le débarrasse des soufflures. Les canons de petit calibre sont formés de trois pièces seulement : le tube de l'âme, la vis qui ferme la culasse et la frette porte-tourillons. Le tube est forgé plein à chaud, puis foré de bout en bout; on y pose la frette à froid à la presse hydraulique. Pour les canons plus gros, le tube intérieur est renforcé par des manchons en acier fondu à noyau, forgés creux, sur mandrin. Les surfaces intérieures et extérieures sont légèrement coniques, de sorte qu'il suffit, pour obtenir un degré de serrage déterminé, d'enfoncer à la presse hydraulique d'une quantité donnée le manchon que l'on met en place[1].

En France, MM. Petin-Gaudet et Cie ont déjà fait pour la marine de guerre un certain nombre de gros canons en acier, formés aussi d'un tube central et de plusieurs rangs de frettes rapportées extérieurement. Le tube est coulé creux avec un noyau; puis on y introduit pour le forgeage un arbre central ou mandrin en bon fer. On forge le tout sous de puissants marteaux-pilons, l'arbre servant en quelque sorte d'enclume intérieure. MM. Petin-Gaudet et Cie attachent une grande importance à ce mode de forgeage sur mandrin.

La Russie possède, près de Saint-Pétersbourg, une aciérie, où l'on fa

1. Voir, pl. 19, fig. 10, le dessin d'un canon Withworth.

Fig. 4

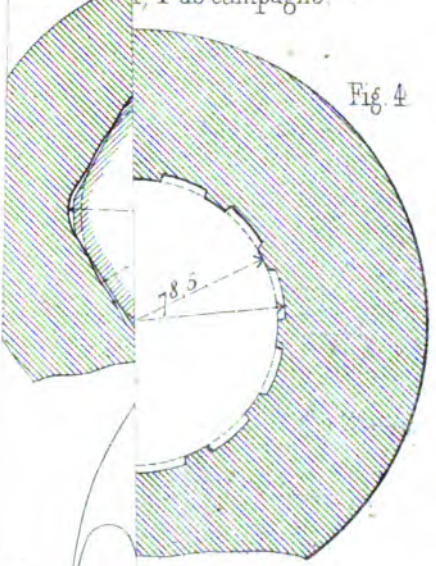


Fig. 4'

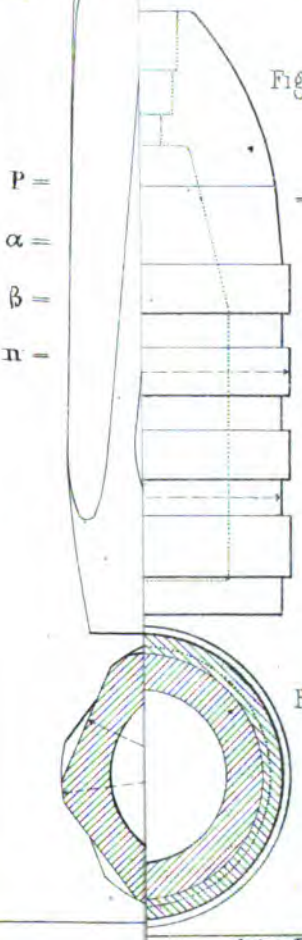
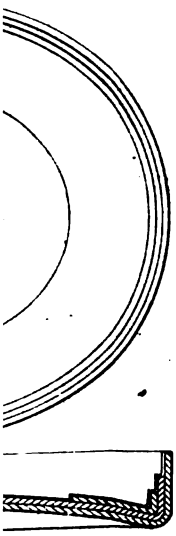
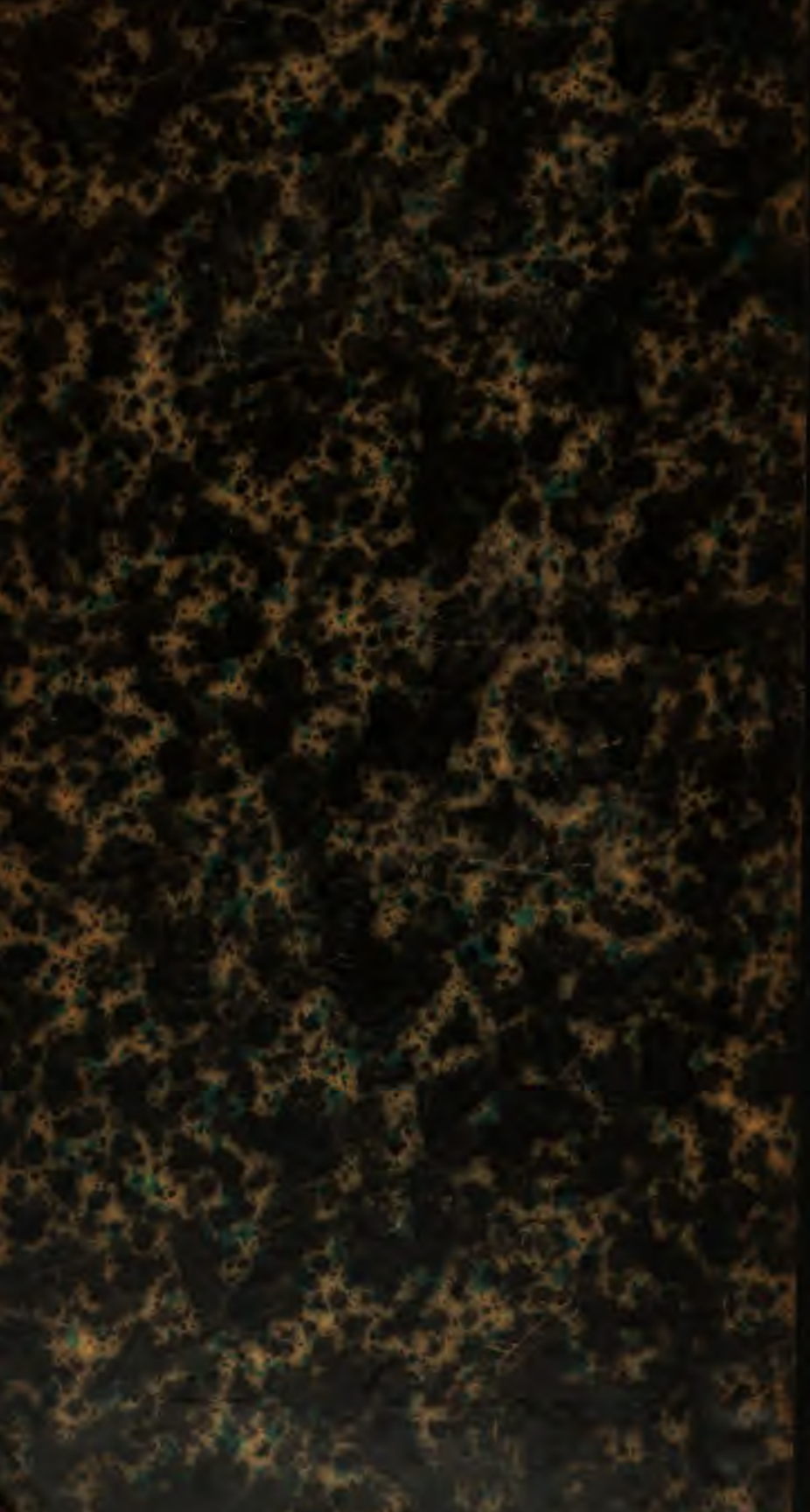


Fig. 4''

Autog. Broise, Rue de Dunkerque. 43. à Paris.

Fig 4 _Fermeture Kreiner. $\frac{1}{5}$

en en carton. $\frac{1}{2}$



Autog. Broise, Rue de Dunkerque. 43. Paris.